

Е.А. Якимович¹, А.С. Чубарова², М.А. Капустин², П.М. Кислушко¹

¹РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н

²Белорусский государственный университет, г. Минск

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ПОЧВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ В ПОСЕВАХ РАСТОРОПШИ ПЯТНИСТОЙ

Рецензент: канд. с.-х. наук Будревич А.П.

Аннотация. Проведено изучение биологической и хозяйственной эффективности применения гербицидов почвенного действия на основе д.в. прометрин (Гезагард, КС, Прометркс Фло, КС) и пендиметалин (Стомп, 33 % к.э., Эстамп, КЭ, Стомп профессионал, МКС) в посевах расторопши пятнистой; комплексное исследование влияния их применения на синтез флаволигнанов и их соотношение, накопления остаточных количеств препаратов в продукции. Установлено, что изученные гербициды снижают засоренность посевов в среднем на 70–90 %, позволяют сохранить 3,2–5,3 ц/га урожая плодов культуры, не вызывают накопления остаточных количеств пестицидов в продукции и не ухудшают качество получаемого сырья.

Ключевые слова: расторопша пятнистая, сорные растения, гербициды, сохраненный урожай, флаволигнаны, силимарин, остаточные количества.

Введение. Расторопша пятнистая (*Silybum marianum* L.) возделывается в Республике Беларусь на площади в 30–50 га.

Плоды расторопши пятнистой богаты флаволигнанами – веществами, относящимися к группе фенолпропаноидных соединений, сумма которых называется силимарин [1]. Сухие плоды могут содержать от 1 до 4 % флаволигнанов [2]. Преобладающими флаволигнанами, содержащимися в силимарине являются: силибинин, силикристин и силидианин [3].

В качестве растительного лекарственного сырья используют зрелые плоды расторопши пятнистой, из которых получают экстракты и концентрированные вытяжки фракций флавоноидов (силимарин) [4, 5].

В исследованиях *invitro* и *invivo* установлено, что силимарин и входящие в его состав флаволигнаны проявляют ряд важных биологических активностей, таких как стимуляция синтеза белка и регенерации гепатоцитов (гепатопротекторная активность), проявляют прямую антиканцерогенную активность в отношении

некоторых раковых клеток человека, а также показаны антидиабетическая, гиполипидемическая, противовоспалительная, противовирусная, кардиопротекторная и нейропротекторная активности [4, 6]. Расторопша пятнистая является не единственным источником флаволигнанов, но по количественному содержанию этих биологически активных веществ превосходит другие источники, вследствие этого является ценным лекарственным сырьем [7].

Препараты из расторопши усиливают образование и выведение желчи, секреторную и двигательную функцию желудочно-кишечного тракта, повышают защитные функции печени по отношению к инфекции и различного рода отравлениям.

В работах [8, 9, 10, 11] отмечено, что содержание биологически активных веществ в плодах расторопши пятнистой может колебаться в зависимости от условий произрастания растения: от климата, влажности, текстуры почвы, высотой над уровнем моря и освещенности, а также от техники культивирования, использования удобрений или гербицидов [12, 13]. Эти колебания могут касаться не только суммы флавоноидов, но и содержания отдельных флаволигнанов [14, 15].

Одним из важнейших элементов интенсивной технологии возделывания расторопши пятнистой является применение гербицидов – химических соединений для борьбы с сорными растениями, т.к. потери урожая плодов расторопши пятнистой вследствие конкуренции с сорняками могут достигать 70–86% при широкорядном и 56–79% при узкорядном способе посева. Поскольку прополка посевов должна быть выполнена до фазы розетки-стеблевания культуры, большое значение для расторопши пятнистой приобретают гербициды почвенного действия, внесение которых обеспечивает чистоту посевов на самых ранних этапах развития культуры [16].

Вопросам изучения биологической и хозяйственной эффективности применения гербицидов в посевах расторопши пятнистой, комплексного исследования влияния их применения на синтез флаволигнанов и их соотношение, накопления остаточных количеств препаратов в продукции и посвящены наши исследования.

Материалы и методика. Исследования по изучению эффективности гербицидов в борьбе с сорняками в посевах лекарственных растений проводили в соответствии с общепринятыми методиками [17, 18]. Полевые мелкоделяночные опыты проводились в посевах расторопши сорта Золушка на опытном поле РУП «Институт защиты растений» (аг. Прилуки Минского

района) в 2013–2015 гг. Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая с содержанием гумуса 2,1–2,2%, P_2O_5 – 153–168 мг/кг, K_2O – 163–240 мг/кг почвы и pH 4,4–6,2. Предшественники: в 2013 и 2015 гг. – озимое тритикале, 2014 г. – яровой ячмень. Весной проводили ранневесеннюю культивацию почвы с внесением минеральных удобрений из расчета $N_{90}P_{90}K_{90}$. Культуру высевали 02.05.2013 г., 18.04.2014 г., 04.06.2015 г. с шириной междурядий 15 см. Глубина заделки семян – 3–4 см. Уборка урожая выполнялась методом прямого комбайнирования (08.08.2013 г., 01.08.2014 г., 10.09.2015 г.).

Площадь опытной делянки 10–20 м², повторность трех-четырёхкратная, расположение делянок последовательное однорядное. Гербициды вносили методом сплошного опрыскивания ручным опрыскивателем «Jacto». Расход рабочего раствора 300 л/га.

Были изучены гербициды на основе 2 действующих веществ: пендиметалин – Стомп, 33 % к.э., Эстамп, КЭ (330 г/л), Стомп профессионал, МКС (455 г/л) и прометрин – Гезагард, КС (500 г/л) и Прометрекс Фло, КС (500 г/л).

Гербициды вносили в период после посева до появления всходов сорных растений (06.05.2013 г., 18.04.2014 г., 09.06.2015 г.). С целью определения эффективности гербицидов через месяц после обработки проводили количественный (09.06.2013 г., 27.05.2014 г., 08.07.2015 г.), через полтора – количественно-весовой учет засоренности (20.06.2013 г., 11.06.2014 г., 24.07.2015 г.).

Обработку результатов проводили с использованием методики Б.А. Доспехова [19], компьютерных программ Excel и Oda.

После проведения уборки посевов и доведения семян до кондиционной чистоты и влажности для проведения анализов поделаяночно были отобраны пробы плодов. Исследования по влиянию применения гербицидов на накопление флаволигнанов в плодах расторопши пятнистой были проведены в НИЛ прикладных проблем биологии Белорусского государственного университета. Анализировались пробы 2014 и 2015 гг. исследований.

Экстракцию флаволигнанов из плодов расторопши пятнистой осуществляли 80% этиловым спиртом при температуре 65°C при соотношении сырья и экстрагента – 1:20. Для максимального извлечения флаволигнанов процедуру экстракции проводили трехкратно.

ВЭЖХ проводили на жидкостном хроматографе Agilent 1100 (Agilent Technologies, США). Разделение проводили на колонке Диасфер С18 (250x4,6 мм, размер частиц 5 мкм) при температуре колонки 40°C. В качестве подвижной фазы применяли смесь

бидистиллированной воды, подкисленной фосфорной кислотой до pH 2,3, и метанола. Относительное содержание отдельных флаволигнанов в экстрактах плодов рассчитывали по площадям соответствующих пиков с помощью программного обеспечения ChemStation for LC 3D systems (Agilent Technologies, США). В качестве стандартных образцов использовали коммерческие препараты силимарина и силибинина (Sigma, США), а также силидианин, силикрестин, силибинин и изосилибинин, полученные и охарактеризованные хромато-масс-спектрометрическим анализом в НИЛ прикладных проблем биологии [20]. Количественную оценку флаволигнанов осуществляли по калибровочному графику, построенному по результатам ВЭЖХ стандартов: силибинина и силидианина ($y=1637x$, $R^2=0,999$).

Определение остаточных количеств гербицидов в плодах расторопши пятнистой проводили в лаборатории динамики пестицидов РУП «Институт защиты растений» в соответствии с общепринятыми методиками [21, 22, 23]. Анализ остаточных количеств пендиметалина и прометрина осуществлялся методом газожидкостной хроматографии на газовом хроматографе марки «Хьюлетт Паккард». Предел обнаружения – 0,005 мг/кг. Полнота извлечения – 78–92 %.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (решение Научного Совета Фонда от 23.05.2014, договор БРФФИ-БГУ №Б14МВ-020 от 23 мая 2014 г., договор БГУ-РУП «Институт защиты растений» №8/03-14 от 23 мая 2014 г.).

Результаты исследований. Погодные условия в годы проведения исследований. В 2013 г. в первой декаде апреля отмечалось значительное похолодание. В дальнейшем температура воздуха была выше среднемноголетней практически в течение всего вегетационного сезона. В апреле ощущался недостаток осадков. Осадки в мае и 1 декаде июня носили неравномерный характер и почти в 1,5 раза превышали среднемноголетние показатели. Вторая половина вегетации была более засушливой. Недостаток осадков и высокая температура воздуха во второй и третьей декадах июня и первой декаде июля способствовали завершению вегетации сорных и культурных растений.

В 2014 г. апрель, 2–3 декады мая, 1 декада июня характеризовались повышенным температурным режимом, ощущался недостаток осадков в апреле-начале мая и избыточное их количество в середине мая-начале июня. Дожди в основном носили ливневый характер.

Прохладная погода наблюдалась во 2–3 декадах июня, дожди отмечались редко. В июле и начале августа наблюдалась достаточно теплая с небольшим количеством осадков погода.

В 2015 г. в апреле-мае наблюдалась теплая погода с достаточным количеством осадков, что создало благоприятные условия для появления всходов, роста и развития культурных растений в начальные фазы их роста. В июне температура воздуха на 0,4–2,8 °С была выше нормы, количество осадков за месяц составило 15 % от нормы. В июле отмечалась температура воздуха близкая к среднесезонным значениям, количество осадков составило только 50 % от нормы. В августе отмечена сильная засуха, которая с жаркими погодными условиями ускорила завершение вегетации всех сельскохозяйственных культур.

Оценка биологической эффективности гербицидов почвенного действия в посевах расторопши пятнистой. В 2013 г. видовой состав сорных растений на участке был представлен главным образом марью белой и просом куриным. При применении гербицидов на основе прометрина – Гезагард, КС (1,5 и 2,0 л/га) и Прометрекс Фло, КС (1,5 и 2,0 л/га) сорные растения погибали на 52,5–67,1 %, при этом численность мари белой снижалась на 95,9–100 %, проса куриного – на 40,8–59,8 %. При внесении гербицидов на основе пендиметалина – Стомпа, 33 % к.э. и Эстампа, КЭ в норме 3,0 л/га, Стомпа профессионал, МКС в норме 2,2 л/га мари белая погибала полностью, просо куриное – на 62,7–77,5 %. Общая гибель сорняков составляла 67,3–76,9 % (табл. 1).

Таблица 1 – Эффективность гербицидов почвенного действия в посевах расторопши пятнистой (полевой опыт, аг. Прилуки)

Вариант	Снижение численности сорняков, % к контролю		
	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Вариант без обработки	153,0	164,0	57,0
Гезагард, КС, 1,5 л/га	52,5	52,4	77,2
Гезагард, КС, 2,0 л/га	67,1	56,1	84,2
Прометрекс Фло, КС, 1,5 л/га	63,4	59,1	71,9
Прометрекс Фло, КС, 2,0 л/га	63,2	68,3	82,5
Стомп, 33 % к.э., 3,0 л/га	76,9	93,3	93,0
Эстамп, КЭ, 3,0 л/га	75,8	96,0	87,7
Стомп профессионал, МКС, 2,2 л/га	67,3	88,7	93,0

Примечание. В варианте без обработки – численность сорняков, шт/м².

Таблица 2 – Эффективность гербицидов почвенного действия в посевах расторопши пятнистой (полевой опыт, аг. Прилуки)

Вариант	Снижение численности (в числителе) и массы сорняков (в знаменателе), % к контролю		
	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Вариант без обработки	<u>293,3</u> 3678,7	<u>96,0</u> 2490,0	<u>31,0</u> 3357,0
Гезагард, КС, 1,5 л/га	<u>55,0</u> 75,0	<u>78,1</u> 60,6	<u>74,2</u> 72,7
Гезагард, КС, 2,0 л/га	<u>85,7</u> 81,8	<u>85,4</u> 70,3	<u>75,8</u> 82,1
Прометрекс Фло, КС, 1,5 л/га	76,4 73,5	<u>66,1</u> 65,3	<u>71,0</u> 83,6
Прометрекс Фло, КС, 2,0 л/га	<u>78,4</u> 76,1	<u>88,5</u> 81,7	<u>79,0</u> 90,8
Стомп, 33 % к.э., 3,0 л/га	<u>83,6</u> 74,0	<u>96,9</u> 75,9	<u>93,5</u> 97,0
Эстамп, КЭ, 3,0 л/га	<u>91,8</u> 86,9	<u>96,7</u> 75,5	<u>90,3</u> 91,0
Стомп профессионал, МКС, 2,2 л/га	<u>84,1</u> 79,1	<u>94,8</u> 67,6	<u>91,9</u> 96,1

Примечание. В варианте без обработки – численность сорняков, шт/м² (в числителе) и их масса, г/м² (в знаменателе).

По данным проведенного позже количественного-вещного учета засоренности, при внесении гербицидов Гезагард, КС и Прометрекс Фло, КС в нормах 1,5 и 2,0 л/га мари белая погибала полностью, численность проса куриного снижалась на 55,0–85,7 %, его масса – на 75,0–81,8 %. Гербициды Стомп, 33 % к.э., Эстамп, КЭ, Стомп профессионал, МКС снижали численность мари белой на 97,8–100 %, ее массу – на 98,3–100 %. Просо куриное погибало на 83,6–91,8 % по численности и 74,0–86,9 % по массе. Общее снижение засоренности составило: для гербицидов на основе прометрина – 55,0–85,7 % по численности и 75,0–81,8 % по массе, для гербицидов на основе пендиметалина – 83,6–91,8 % и 74,0–86,9 % по массе, соответственно (табл. 2).

В 2014 г. несмотря на то, что гербициды почвенного действия были внесены 18.04.2014 г. по увлажненной почве, недостаток осадков в 3 декаде апреля и 1 декаде мая не позволил полностью проявить угнетающее действие препаратов на сорные растения. Максимальную эффективность на уровне 88,7–93,3 % обеспечили гербициды с д.в. пендиметалин – Стомп, 33 % к.э., Эстамп, КЭ и Стомп профессионал, МКС. При этом мари белая погибала на 90,3–97,4 %, ромашка непахучая – на 41,7–66,7 %, пастушья сумка – на 100 %. При внесении гербицидов на основе прометрина – Гезагард, КС (1,5

и 2,0 л/га) и Прометрекс Фло, КС (1,5 и 2,0 л/га) сорные растения погибали на 52,4–59,1%. Численность мари белой снижалась на 51,6–67,1%, ромашки непахучей – на 50,0–83,3%, пастушья сумка погибала полностью.

По данным количественно-весового учета засоренности на делянках, обработанных гербицидами Стомп, 33% к.э., Эстамп, КЭ и Стомп профессионал, МКС, численность сорняков снижалась на 94,8–96,9%, их масса – на 67,6–75,9%. Марь белая погибла на 98,8–100%, пастушья сумка – на 100%, ромашка непахучая – на 42,9–57,1%. Масса данных сорняков снижалась на 99,4–100%, 100% и 42,2–56,6%, соответственно. Обработка гербицидами Гезагард, КС и Прометрекс Фло, КС позволила снизить засоренность на 66,1–88,5% по численности и 60,6–81,7% по массе. Пастушья сумка погибала полностью. Численность мари белой снижалась на 64,9–89,0%, ромашки непахучей – на 42,9–71,4%, их масса – на 85,6–89,1% и 40,2–75,4%, соответственно.

В 2015 г. количественный учет засоренности показал, что при внесении гербицида Гезагард, КС (1,5 и 2,0 л/га) гибель звездчатки средней составила 75,0–100%, мари белой 81,8–87,9%. Василек синий, ромашка непахучая, пастушья сумка погибали полностью. Общая эффективность составила 77,2 и 84,2%. На делянках, обработанных гербицидом Прометрекс Фло, КС (1,5–2,0 л/га), звездчатка средняя погибала на 75,0–100%, марь белая – на 78,8–90,9%, пастушья сумка, василек синий, ромашка непахучая – полностью. Гибель двудольных малолетних сорняков была на уровне 71,9–82,5%. Гербициды Стомп, 33% к.э. (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га) и Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га) снизили численность звездчатки средней на 87,5–100%, мари белой – на 97,0%. Общая эффективность составила 87,7–93,0%.

По данным количественно-весового учета на делянках, обработанных гербицидом Гезагард, КС марь белая снизила численность на 68,8–71,9%, массу – на 70,6–83,0%, звездчатка средняя – на 75,0 и 58,8–91,2%. Падалица рапса погибла полностью. Общая эффективность была на уровне 74,2–75,8% по численности и 72,7–82,1% по массе. При внесении гербицида Прометрекс Фло, КС (1,5–2,0 л/га) звездчатка средняя погибала на 75,0–87,5%, ее масса снижалась на 61,8–73,5%. Эффективность против мари белой составила 62,5–68,8% по численности и 85,7–87,8% по массе, против падалицы рапса – на 100%, соответственно. В целом сорняки погибали на 71,0–79,0 по численности и 83,6–90,8% по массе. Гербициды Стомп, 33% к.э. (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га) и Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га) снизили численность и массу звездчатки средней на 100%. Гибель мари белой составила 87,5–100%, ее масса снижалась на 91,0–100%. Падалица рапса

погибла полностью. Общая эффективность составила 90,3–93,5 % по численности и 91,0–97,0 % по массе, соответственно.

Действие гербицидов на отдельные виды сорных растений существенно отличалось. Пастушья сумка, падалица рапса, звездчатка средняя, марь белая при внесении гербицидов Гезагард, КС и Прометрекс Фло, КС погибали 80–100 %. Менее чувствительными к прометринам оказались виды горца, снижавшие численность на 60–90 % в зависимости от нормы и погодных условий. Нестабильным было действие гербицидов на растении ромашки непахучей (гибель 50–90 %) и просо куриное (50–70 %).

Гербициды на основе пендиметалина (Стомпа, 33 % к.э, Эстамп, КЭ, Стомп профессионал, МКС) характеризовались меньшей вариабельностью по биологической эффективности в отношении таких видов как марь белая, звездчатка средняя, падалица рапса, гибель которых при их внесении составляла 80–100 %. Они более эффективно подавляли просо куриное, однако уступали прометринсодержащим гербицидам в отношении действия на пастушью сумку. Действие на виды горца и ромашку непахучую сильно варьировало (от 50 до 90 %) в зависимости от погодных условий.

Видно, что в зависимости от погодных условий, определяющих динамику появления всходов сорняков, главным образом влажности почвы, показатели биологической эффективности гербицидов были нестабильны и колебались при применении гербицидов на основе прометрина (Гезагард, КС и Прометрекс Фло, КС) от 52,5 до 84,2 % и пендиметалина (Стомп, 33 % к.э., Эстамп, КЭ и Стомп профессионал, МКС) от 67,3 до 96,0 %. Применение гербицидов почвенного действия было наиболее эффективно в условиях влажной погоды.

Наиболее оптимальные показатели гибели сорняков были получены от применения гербицидов на основе пендиметалина – Стомпа, 33 % к.э (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га), Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га), а также гербицидов Гезагард, КС и Прометрекс Фло, КС в нормах 2,0 л/га. В засушливые периоды вегетации нормы расхода гербицидов Гезагард, КС и Прометрекс Фло, КС 1,5 л/га не позволяли эффективно бороться с сорняками.

Оценка влияния гербицидов почвенного действия на урожайность расторопши пятнистой. Сохраненный урожай при применении гербицидов в 2013 г. составил от 3,1 до 5,1 ц/га, причем максимальную урожайность показали варианты с применением гербицидов Стомп, 33 % к.э. (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га), Гезагард, КС (2,0 л/га) и Прометрекс Фло, КС (2,0 л/га) (табл. 3).

В 2014 г. сохраненный урожай семян при применении гербицидов составил от 2,1 до 6,0 ц/га, причем максимальную урожайность показали варианты с применением гербицидов Эстамп, КЭ (16,6 ц/га) и Стомп, 33 % к.э. (16,3 ц/га).

Таблица 3 – Влияние гербицидов на урожайность расторопши пятнистой (мелкоделяночный опыт, РУП «Институт защиты растений»)

Вариант	Урожайность семян, ц/га				Сохраненный урожай, ц/га
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее	
Вариант без обработки	6,8	10,6	5,2	7,5	–
Гезагард, КС (1,5 л/га)	9,9	12,7	9,7	10,7	3,2
Гезагард, КС (2,0 л/га)	10,9	12,9	10,0	11,3	3,8
Прометрекс Фло, КС (1,5 л/га)	10,6	13,4	9,5	11,2	3,7
Прометрекс Фло, КС (2,0 л/га)	11,6	14,2	9,8	11,9	4,4
Стомп, 33 % к.э. (3,0 л/га)	11,9	16,3	10,3	12,8	5,3
Эстамп, КЭ (3,0 л/га)	11,2	16,6	10,2	12,7	5,2
Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га)	10,1	13,9	10,4	11,5	4,0
НСР ₀₅	2,6	1,9	1,6	1,6–2,6	

В 2015 г. в контроле без обработки урожай семян расторопши пятнистой составил 5,2 ц/га. Применение гербицидов на основе пендиметалина (Стомп, 33 % к.э., Эстамп, КЭ и Стомп профессионал, МКС) повысило урожайность на 5,0–5,2 ц/га, гербицидов на основе прометрина (Гезагард, КС, Прометрекс ФЛО, КС) – на 4,3–4,8 ц/га.

В среднем за три года максимальную урожайность в посевах расторопши (12,7–12,8 ц/га семян) обеспечило применение гербицидов Стомп, 33 % к.э. и Эстамп, КЭ в нормах 3,0 л/га. Сохраненный урожай составил 5,2–5,3 ц/га. Гербициды Гезагард, КС, Прометрекс Фло, КС в норме 2,0 л/га и Стомп профессионал, МКС в норме 2,2 л/га сохранили 3,8–4,4 ц/га урожая семян. Минимальные нормы внесения Гезагарда, КС и Прометрекса Фло, КС были менее эффективны с хозяйственной точки зрения, обеспечив повышение урожайности на 3,2–3,7 ц/га.

Оценка влияния гербицидов почвенного действия на содержание флаволигнанов в плодах расторопши пятнистой. Сравнительный анализ состава силимаринов, полученных из плодов расторопши пятнистой, собранных с разных делянок, показал, что в результате обработки посевов расторопши почвенными гербицидами отмечались изменения как общего содержания флаволигнанов в плодах расторопши, так и содержания отдельных флаволигнанов.

При внесении гербицидов на основе прометрина – Гезагард, КС (1,5 л/га), Прометрекс Фло, КС (1,5 л/га) и Прометрекс Фло, КС (2,0 л/га) происходило увеличение содержания суммы флаволигнанов на 28,2±0,7 %, 15,4±0,6 %, и 27,3±1,1 %, соответственно, по сравнению с контрольной выборкой. При

использовании гербицида Гезагард, КС (2,0 л/га) отмечалось снижение содержания суммы флаволигнанов на $1,8 \pm 0,08\%$.

При этом наблюдалось увеличение содержания силикристина по сравнению с контролем на $27,6 \pm 0,5\%$, $26,3 \pm 1,3\%$ и $36,0 \pm 1,5\%$ при применении гербицида Гезагард, КС (1,5л/га), Прометрекс Фло, КС (1,5 л/га) и Прометрекс Фло, КС (2,0 л/га), соответственно. И отмечалось снижение содержания силикристина на $10,8 \pm 0,21\%$ при использовании гербицида Гезагард, КС (2,0 л/га). Содержание силидианина увеличивалось на $28,7 \pm 0,4\%$ и $40,4 \pm 0,98\%$ при применении Гезагард, КС (1,5л/га) и Гезагард, КС (2,0 л/га), соответственно. Однако его содержание снижалось при использовании гербицида Прометрекс Фло, КС (1,5 л/га) и Прометрекс Фло, КС (2,0 л/га) на $34,8 \pm 1,2\%$ и $7,1 \pm 0,21\%$, соответственно. Содержание силибинина возрастало по сравнению с контролем на $27,3 \pm 0,6\%$, $26,9 \pm 0,78\%$ и $34,2 \pm 1,6\%$ при внесении гербицидов Гезагард, КС (1,5 л/га), Прометрекс Фло, КС (1,5 л/га) и Прометрекс Фло, КС (2,0 л/га), соответственно. А при использовании гербицида Гезагард, КС (2,0 л/га) содержание силибинина падало на $11,6 \pm 0,44\%$.

При внесении гербицидов на основе на основе пендиметалина – Стомп, КЭ (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га), Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га) наблюдались различия в изменении общего содержания флаволигнанов. Внесение препаратов Стомп, КЭ (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га) вызывало увеличение общего содержания флаволигнанов по сравнению с контролем на $6,7 \pm 0,2\%$ и $6,0 \pm 0,12\%$, соответственно, а внесение препарата Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га) не приводило к изменению общего содержания флаволигнанов. При обработке препаратами Стомп, КЭ (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га), наблюдалось увеличение содержания силикристина по сравнению с контролем на $3,8 \pm 0,09\%$ и $4,6 \pm 0,14\%$ соответственно, а при обработке препаратом Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га) – снижение на $5,5 \pm 0,23\%$. Содержание силидианина увеличивалось на $21,1 \pm 0,8\%$, $12,1 \pm 0,57\%$ и $45,2 \pm 2,2\%$ при обработке препаратами Стомп, КЭ (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га) и Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га), соответственно. Содержание силибинина возрастало по сравнению с контролем на $1,7 \pm 0,07\%$ и $3,6 \pm 0,1\%$ при использовании препаратов Стомп, КЭ (3,0 л/га) и Эстамп, КЭ (3,0 л/га) соответственно, а при внесении препарата Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га) – снижалось на $16,4 \pm 0,41\%$.

Результаты определения содержания остаточных количеств гербицидов в плодах расторопши пятнистой. Остаточных количеств прометрина и пендиметалина в урожае семян расторопши пятнистой после применения гербицидов Гезагард, КС, Прометрекс Фло, КС, Стомп, 33 % к.э., Эстамп, КЭ и Стомп профессионал, МКС обнаружено не было (табл. 5).

Таблица 5 – Результаты определения содержания остаточных количеств гербицидов в урожае плодов расторопши пятнистой

Гербицид, норма расхода	Действующее вещество	Дни после обработки до сбора урожая	Содержание д.в. препарата в анализируемой пробе, мг/кг
Гезагард, КС (2,0 л/га)	Прометрин, 500 г/л	94	не обнаружено
Прометрекс Фло, КС (2,0 л/га)	Прометрин, 500 г/л	94	не обнаружено
Стомп, 33% к.э. (3,0 л/га)	Пендиметалин, 330 г/л	108	не обнаружено
Эстамп, КЭ (3,0 л/га)	Пендиметалин, 330 г/л	94	не обнаружено
Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га)	Пендиметалин, 455 г/л	94	не обнаружено

Выводы. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что применение гербицидов на основе пендиметалина – Стомп, 33% к.э. (3,0 л/га), Эстамп, КЭ (3,0 л/га), Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га), а также прометрина – Гезагард, КС (1,5–2,0 л/га) и Прометрекс Фло, КС (1,5–2,0 л/га) является высокоэффективным мероприятием контроля сорной растительности в посевах расторопши пятнистой.

Применение гербицидов на основе прометрина Гезагард, КС (1,5–2,0 л/га) и Прометрекс Фло, КС (1,5–2,0 л/га) снижает засоренность однолетними двудольными и злаковыми сорняками на 55,0–78,1% и 75,8–88,5% в зависимости от нормы внесения гербицидов, позволяет сохранить от 3,2–4,4 ц/га урожая плодов расторопши пятнистой.

Самую высокую биологическую эффективность (83,6–96,9%) и повышение урожайности на 5,2–5,3 ц/га обеспечило применение гербицидов на основе пендиметалина – Стомп, 33% к.э. и Эстамп, КЭ в нормах 3,0 л/га. Гербицид Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га) несколько уступает гербицидам данной группы по биологической и хозяйственной эффективности.

При обработке посевов культуры гербицидами почвенного действия в плодах расторопши пятнистой отмечаются как положительные, так и незначительные отрицательные изменения и в общем содержании флаволигнанов и их отдельных составляющих. При внесении гербицидов Гезагард, КС (1,5 л/га), Прометрекс Фло, КС (1,5 л/га и 2,0 л/га) Стомп, КЭ (3,0 л/га) и Эстамп, КЭ (3,0 л/га) происходило увеличение содержания суммы флаволигнанов на 6,0–28,2%, при использовании гербицида Гезагард, КС (2,0 л/га) и Стомп профессионал, МКС (2,2 л/га) – их снижение на 0,6–1,8%.

Применение гербицидов экологически безопасно, поскольку остаточных количеств прометрина и пендиметалина в урожае

семян расторопши пятнистой после применения гербицидов Ге-загард, КС, Прометрекс Фло, КС, Стомп, 33 % к.э., Эстамп, КЭ и Стомп профессионал, МКС обнаружено не было.

Полученные данные позволили включить все изученные гербициды в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» для широкого производственного применения в посевах расторопши пятнистой в специализированных хозяйствах республики.

Список литературы

1. Murphy, J.M. Milk Thistle / J.M. Murphy, M. Caban, K.J. Kemper // The Longwood Herbal Task Force [Electronic resource]. – 2000. – Mode of access: www.longwoodherbal.org/milkthistle/milkthistle.pdf. – Date of access: 08.05.2013.
2. Morazzoni, P. *Silybum marianum* (Carduus marianus) / P. Morazzoni, E. Bombardelli // Fitoterapia. – 1995. – Vol. 66. – P. 3–42.
3. *Silybum marianum* in vitro-flavolignan production / L. Tumova [et al.] // Plant Soil Environ. – 2006. – Vol. 52, № 10. – P. 454–458.
4. Corchete, P. *Silybum marianum* (L.) Gaertn: the source of silymarin / P. Corchete // Bioactive molecules and medicinal plants / K.G. Ramawat, J.M. Merillon. – Springer Berlin Heidelberg, 2008. – P. 123–148.
5. Эллер, К.И. Оценка подлинности растительных экстрактов, как сырья для БАД. *Silybum marianum* (L.) Gaertn – Расторопша пятнистая / К.И. Эллер, А.С. Балусова, Е.Л. Комарова // Рынок БАД. – 2006. – Вып. 28, № 2. – С. 33–34.
6. Lee, D.Y-W. Structure and analysis of flavonolignans from *Silybum marianum* / D.Y-W Lee, Y. Liu // Phenolic Compounds in Foods and Natural Health Products, chapter 3. – 2005. – P. 19–32.
7. Pelter, A. The structure of silybin (silybum substance E6), the first flavonolignan / A. Pelter, R. Hänsel // Tetrahedron Letters. – 1968. – Vol. 9, iss. 25. – P. 2911–2916.
8. Куркин, В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. / В.А. Куркин. – Самара, 2007. – 1239 с.
9. Куркин, В.А. Расторопша пятнистая – источник лекарственных средств (обзор) / В.А. Куркин // Химико-фармацевтический журнал. – 2003. – Том 37, № 4. – С. 27–41.
10. Чадин, И. Хемосистематика – основа изучения биохимического разнообразия растений / И. Чадин // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2001. – Вып. 46. № 8. – С. 23–25.
11. Radjabian, T. Analysis of silymarin components in the seed extracts of some milk thistle ecotypes from Iran by HPLC / T. Radjabian, Sh. Rezazadeh, H. Fallah Huseini // Iranian Journal of Science & Technology, Transaction A. – 2008. – Vol. 32, № A2. – P. 141–146.
12. Improvement of milk thistle (*Silybum marianum* L.) seed yield and quality with foliar fertilization and growth effector MD 148/II / M. Geneva [et al.] // Gen. Appl. plant physiology. – 2008. – special issue 34, № 3–4. – P. 309–318.
13. Genetic properties of milk thistle ecotypes from Iran for morphological and flavonolignans characters / M. Shokrpour [et al.] // Pak J Biol Sci. – 2007. – Vol. 10, iss. 19. – P. 3266–3271.
14. Evaluation of the silymarin content in *Silybum marianum* (L.) Gaertn. cultivated under different agricultural conditions / F.M. Hammouda [et al.] // Phytother Res. – 1993. – Vol. 7. – P. 90–91.
15. Schulz, V. Rational Phytotherapy: A Physicians' Guide to Herbal Medicine / V. Schulz, R. Hansel, V.E. Tyler. – Berlin: Springer, 1997. – P. 306.

16. Якимович, Е.А. Критический период вредоносности сорных растений в посевах расторопши пятнистой / Е.А. Якимович, Т.А. Каратай // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Ин-т защиты растений». – Несвиж, 2014. – Вып. 38. – С.47–56.

17. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / РУП «Институт защиты растений»; сост.: С. В. Сорока, Т. Н.Лапковская. – Несвиж, 2007. – 58 с.

18. Проведение полевых опытов с лекарственными культурами / Под ред. к.с.х. наук А.И. Брыкина. Лекарственное растениеводство. – Обзорная информ. – М.: «Минмедпром», 1981. – Вып. 1–60 с.

19. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

20. Получение индивидуальных флаволигнанов: заявка на патент Респ. Беларусь, МПК А61К31/00 / А.С. Чубарова, В.П. Курченко; заявитель УО «Белорусский государственный университет». – № а 20130518 от 22.04.2013. – Положительное решение по заявке от 14.06.2013 № а 20130518.

21. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности: СТБ 1036-97. – Введ. 01.07.1997. – Переизд. 08.10.2010 с изм. № 1 (ИУС РБ № 4-2000) - Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации: БелНИКТИММП, 2010. – 40 с.

22. Методика определения прометрина, действующего вещества препарата гезагард, КС в воде, почве, воздухе рабочей зоны, растительных материалах методом газожидкостной хроматографии: инструкция 4.1.10.-14-2006. - Утв. Пост. глав. госуд. санитар. врача Респ. Беларусь 31.08.2006 г., №108 – Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2006. – 8 с.

23. Временные методические указания по определению стомпа в воде, почве и растительных объектах методами газожидкостной, тонкослойной хроматографии и УФ-спектрофотометрии / А.М. Шмигидина и [др.]. – Утв. зам. гл. гос. врача СССР 12.05.1983 г., № 2787-83. // Сб. науч. тр. / Госкомиссия по химическим средствам борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками при Минсельхозпроде СССР. – М., 1984. – Ч. 15: Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. – С. 167–182.

Е.А. Yakimovich¹, А.S. Chubarova², М.А. Kapustin², P.M. Kislushko¹
¹RUE «Institute of Plant Protection», a/c Priluki, Minsk district
²Belarussian State University, Minsk

THE EXPEDIENCY OF SOIL HERBICIDES APPLICATION IN MILK THISTLE CROPS

Annotation. The study of biological and economic efficiency of soil herbicides based on promethrin active ingredient (Gesagard, SC, Prometrex Flow, SC) and pendimethalin (Stomp,33% e.c., Estamp. EC, Stomp professional, MCS) in milk thistle crops ;the complex investigation of their application influence on o flavolignans synthesis and their ratio, residues accumulation in the .production is done. It is determined that the studied herbicides decrease the crops weed infestation , on the average, for 70–90%, allow to maintain the crop fruit yield 3,2–5,3 cwt/ha, do not cause the residues accumulation in the production and do not worsen the received raw material quality.

Key words: milk thistle, weed plants, herbicides, preserved yield, flavolignans, silimarin, residues.