УДК 633.63:631.95
doi.org/10.24412/2413-5518-2022-11-36-41

Экологические аспекты современной технологии свекловодства

И.И. БАРТЕНЕВ, *канд. техн. наук*
Н.А. УСАНОВ, *канд. техн. наук*
М.В. КРАВЕЦ, *канд. с/х наук*
Д.С. ГАВРИН, *канд. с/х наук*
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
(e-mail: vniiss@mail.ru)

Введение

По оценкам учёных и специалистов, в мировом масштабе потери урожая сельскохозяйственных культур от вредных объектов в денежном выражении составляют около 100 млрд долл. США ежегодно [22]. Спасая столь огромную массу продукции, человек использует против возбудителей болезней растений и вредителей сильнодействующее оружие – ядохимикаты. Ежегодно на поля в Российской Федерации вносится более 60 тыс. т пестицидов [6]. Химизация земледелия стала чуть ли не основной частью технологий возделывания всех сельскохозяйственных культур.

Всё увеличивающиеся объёмы применяемых ядохимикатов создают опасность химического загрязнения природы и продуктов питания. Остатки пестицидов способны сохраняться в объектах окружающей среды и организме человека довольно длительное время, что приводит к патологическим изменениям различного рода [9–11, 15]. Таким образом, интенсивно загрязняя почву, воду и воздух вредными химическими соединениями, мы создаём реальную угрозу своему же здоровью.

Одним из факторов, усиливающих негативное влияние пестицидов в растениеводстве, стало внедрение технологий химических прополок с одновременным снижением доли агротехнических приёмов в борьбе с сорной растительностью. В большинстве современных рекомендаций по выращиванию сахарной свёклы не предусмотрены междурядные рыхления и делается упор на химические средства защиты растений; при этом, например, «сроки применения гербицидов устанавливают по фазам развития сорняков независимо от состояния растений сахарной свёклы» [7].

В то же время на основании исследований и производственного опыта можно сделать вывод, что применение гербицидов сдерживает рост и развитие растений сахарной свёклы. Степень негативного влияния химических прополок во многом зависит от почвенно-климатических условий, минерального питания, норм расхода препаратов, кратности обработок и фаз развития растений. Имеются данные, что гербициды снижают сахаристость и сбор сахара, ухудшая также технологические качества фабричных корнеплодов (чистота сока, потери сахара в мелассе и выход сахара на заводе) [8]. Установлено, что ряд препаратов, применяемых на свёкле, оказывают последействие на другие культуры севооборота (ячмень, яровая пшеница, горох), снижая их урожайность [3]. Применение гербицидов в семеноводстве сахарной свёклы оказывает негативное влияние на развитие семенных растений и всхожесть семян. Это подтверждают многолетние исследования, проведённые в разных зонах семеноводства В.Г. Яценко (1969), Н.Г. Гизбуллиным (2001), А.Т. Чернышовым (2002), А.А. Хмельницким (2004). В опытах отдела семеноводства ВНИИСС обработка семенных растений МС-компонента гибрида РМС 120 смесью препаратов против двудольных и злаковых сорняков снижала всхожесть основной посевной фракции семян до 8 % [12].

Конечно, полностью обходиться без химических прополок в растениеводстве на современном этапе развития сельского хозяйства трудно, но стремиться к уменьшению их количества, а в отдельных случаях и отказаться от них – необходимо. Поэтому требуется анализ и совершенствование ранее разработанных технологий и приёмов, направленных на экологизацию возделывания культур. Это касается и механических обработок почвы, которые нужны для того, чтобы корни растений легко проникали на определённую глубину для получения полноценного питания и влаги. Поверхностная обработка создаёт оптимальный газообмен в корнеобитаемом слое почвы, сохраняет полезную микробиоту и служит эффективным приёмом для сбережения накопленной почвенной влаги – «сухой полив». Поскольку в России присутствуют в основном тяжёлые по механическому составу почвы, часто бывают засухи, образуются корки и трещины, ведущие к большим

потерям почвенной влаги, сплошные рыхления и междурядные обработки необходимы. Они нужны не только для ликвидации уплотнений почвы после ливней, сохранения накопленной влаги и мульчирования трещин при засухе, но и для борьбы с сорняками. К решению этой проблемы надо подходить рационально, используя в основном механические орудия, а обработку химическими средствами применять лишь в тех случаях, когда удаление сорняков механическим способом не представляется возможным (неблагоприятные климатические условия, риск повреждения всходов свёклы).

Условия и методика проведения исследований

В целях сокращения объёмов использования пестицидов и улучшения экологической обстановки для производства фабричной сахарной свёклы и выращивания семян в ФГБНУ ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова в своё время были проведены соответствующие исследования и предложены различные варианты низкозатратных ресурсосберегающих технологий: интенсивная, с полосным внесением гербицидов, интегрированная, безгербицидная и ресурсосберегающая [4, 5, 13, 17]. Выбирая наиболее эффективные элементы указанных технологий и используя имеющиеся в свеклосеющих хозяйствах технические средства, добивались высоких урожаев сахарной свёклы с минимальными затратами труда и средств. В то же время высокая культура земледелия и соблюдение севооборотов, а также агротехнические приёмы, предусматривающие предпосевную, довсходовую, послевсходовую, междурядную обработки почвы средствами механизации, предотвращали высокую засорённость посевов и позволяли уменьшить количество химических прополок.

Результаты исследований и их обсуждение

Одним из эффективных орудий по уходу за сахарной свёклой можно считать культиватор-растениепитатель УСМК-5,4В, рекомендованный к производству в 1987 г. Основным его отличием от предыдущей модели являлось дополнительное оборудование новыми рабочими органами – щелевателями-направителями. В соответствии с рекомендациями подготовку почвы и борьбу с сорной растительностью начинали при ранневесенней обработке культиваторами типа УСМК-5,4В, оснащёнными двухбрусными шарнирными шлейфами в сочетании с идущими за ними двухбарабанными спиральными роторами и однобрусными шлейфами. Это позволяло выровнять поверхность почвы, создать её мелкокомковатую структуру и за счёт верхнего мульчирующего слоя сохранить накопленную влагу. Предпосевную обработку начинали при прорастании семян сорняков и нахождении их большинства в фазе ниточки культиватором, оборудованным двухсторонними плоскорежущими лапами, однобрусными шарнирными шлейфами и двухбарабанными спиральными роторами с однобрусными шлейфами (рис. 1). Если по погодным условиям спиральные роторы залипали влажной почвой, их заменяли трёхбрусными шарнирными шлейфами.

Важно отметить, что успешное выполнение междурядных обработок почвы закладывалось ещё при посеве путём оборудования сеялки ССТ-12В щелевателями-направителями. Это позволяло в последующем точно ориентировать рабочие органы культиватора (также с установленными при выполнении операции щелевателями-направителями) относительно рядков высеянных семян. Борьбу с сорняками после посева начинали на 4–5-й день – при длине проростков семян свёклы не более 1 см. Для довсходовой обработки почвы культиватор оснащался 4- и 6-дисковыми ротационными батареями, идущими над прорас-

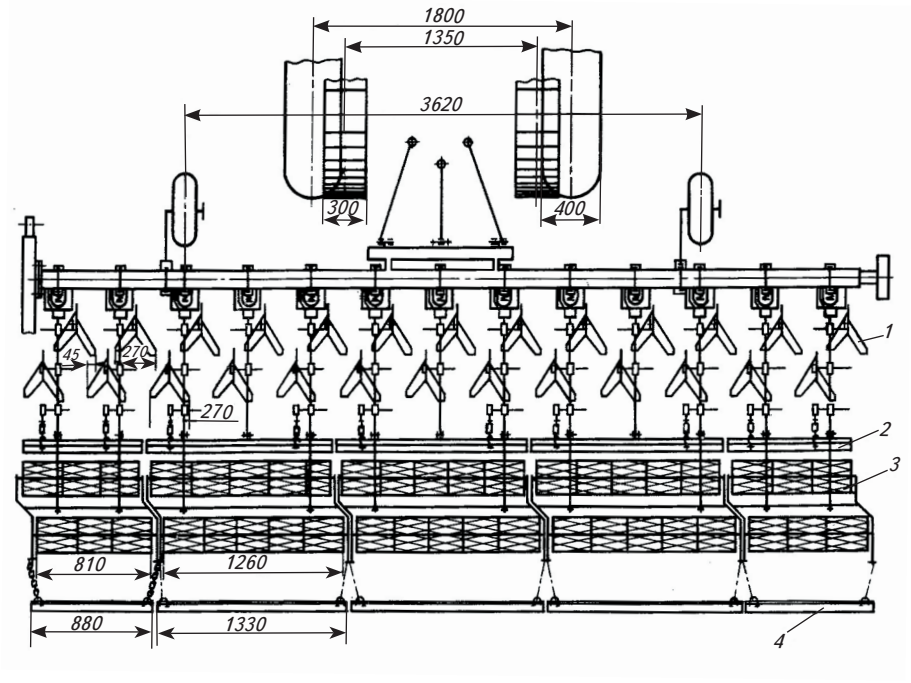


Рис. 1. Технологическая схема расстановки рабочих органов культиватора УСМК-5,4В для предпосевной обработки почвы

Российской свеклосахарной отрасли – 220 лет!

тающими семенами свёклы в два следа, с целью более активного рыхления почвы и уничтожения сорняков в защитных зонах и рядках свёклы. При этом передние 4-дисковые ротационные батареи должны были загубляться в почву на меньшую глубину, чем задние 6-дисковые (рис. 2). Обработка проводилась вдоль рядков растений, что в отличие от боронований исключало смещение семян в сторону междурядий.

При появлении всходов приступали к первой механизированной повсходовой обработке (шаровке). Её целью являлось уничтожение сорняков и рыхление почвы для обеспечения условий, необходимых для роста и развития растений. Выполняли работу культиваторами с установленными на них щелевателями-направителями. Секции культиватора были оборудованы защитными сферическими дисками и односторонними лапами. Для рыхления почвы в защитных зонах и рядках свёклы устанавливали 6-дисковые ротационные батареи. Защитные диски, установленные под углом 7–8° к направлению движения агрегата, ограждали всходы свёклы от присыпания их землёй (рис. 3). При шаровке особое внимание обращали на регулировку глубины хода зубьев ротационных батарей в целях снижения изреживания всходов.

В фазе 3–4 пар настоящих листьев проводили повторную сплошную обработку посевов культиватором, оборудованным щелевателями-направителями, односторонними плоскорежущими лапами и ротационными батареями. В междурядьях устанавливали 6-дисковые ротационные батареи, а в зоне рядков – 4-дисковые, с глубиной рыхления до 4 см (рис. 4). В последующем до смыкания рядков проводили междурядные обработки, включающие кроме рыхления почвы окучивание рядков растений [18]. Окучивание можно было проводить защитными сферическими дисками культиватора, меняя их местами. При этом сфера диска располагалась выпуклой стороной внутрь междурядья. Эта операция позволяла обходиться без второй и третьей прополок и снизить засорённость в зоне рядка на 50–60 % [19].

Таким образом, культиватор УСМК-5,4В в соответствующих комплектациях его рабочих органов являлся универсальным орудием и мог выполнять работу как по закрытию влаги и выравниванию почвы, так и по борьбе с сорняками в широком спектре – при предпосевной, довсходовой и послевсходовых обработках почвы. Кроме этого, культиватор мог быть переоборудован и для подкормок растений. Конечно, его конструкция имеет и недостатки: залипание стрельчатых лап при повышенной влажности, низкие производительность и надёжность. Однако данная технологическая схема орудия с соответствующими доработками и модернизацией (использование стрельчатых лап на пружинных стойках, уве-

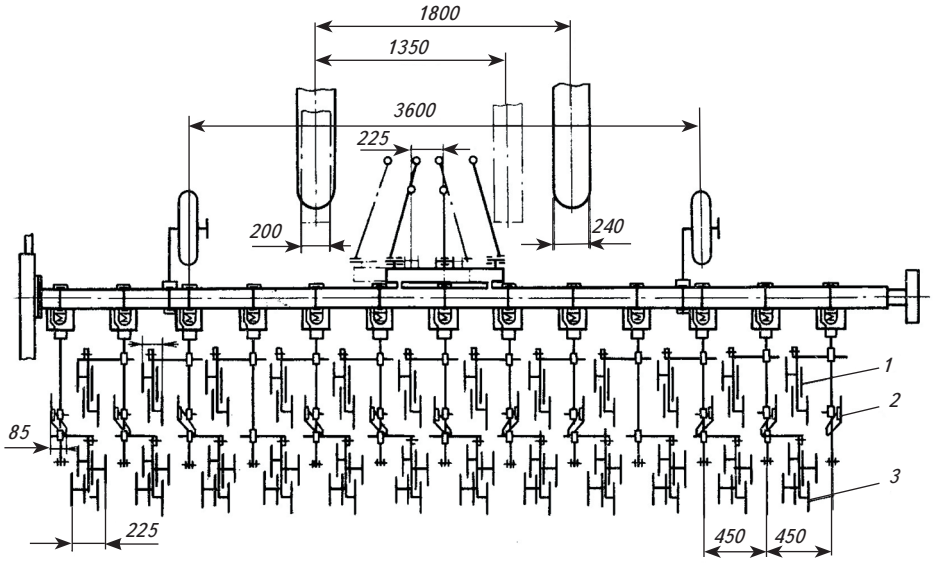


Рис. 2. Технологическая схема расстановки рабочих органов культиватора УСМК-5,4В для довсходовой обработки почвы

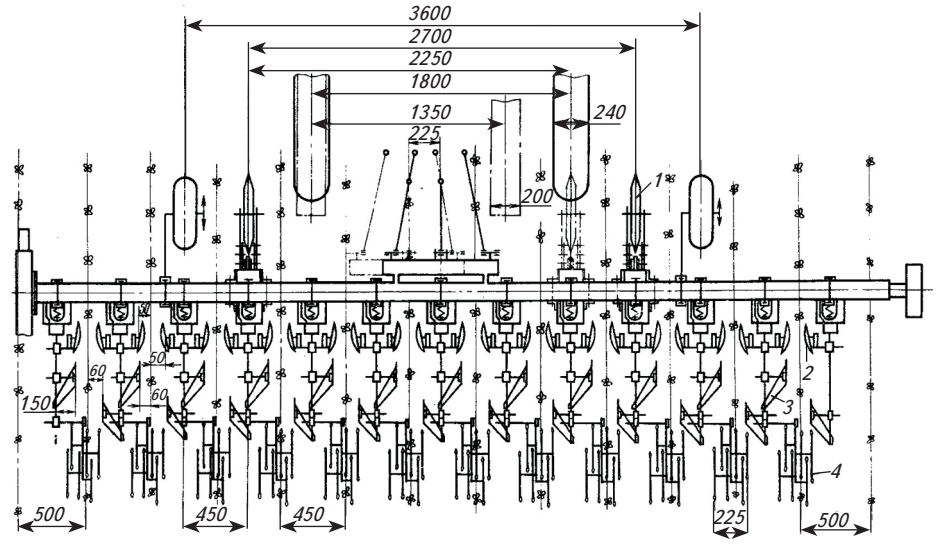


Рис. 3. Технологическая схема расстановки рабочих органов культиватора УСМК-5,4В для послевсходовой обработки почвы (шаровки)

Российской свеклосахарной отрасли – 220 лет!

личение ширины захвата) может успешно применяться в настоящее время, например, на загущенных весенних и летних посевах маточной свёклы, где незначительное (1–3 %) изреживание всходов допустимо. Важно отметить, что современные комбинированные орудия (компакторы) предназначены только для ранневесенней и предпосевной обработок почвы, что объясняется ориентацией современных технологий растениеводства на химизацию.

Как было отмечено выше, недостатком почвообрабатывающих орудий для борьбы с сорной растительностью является их зависимость от почвенно-климатических условий. Так, при выпадении осадков и переувлажнении почвы изменяются оптимальные сроки выполнения агроприёмов, что приводит к интенсивному развитию сорной растительности. В связи с этим для повышения эффективности борьбы с сорняками во ВНИИСС были обоснованы и разработаны альтернативные экологические системы защиты растений, предусматривающие как химические, так и агротехнические меры. Агротехнические приёмы включали в себя разработку устройств для удаления сорной растительности, в том числе в зоне рядков свёклы. В 1996–1998 гг. прошли испытания скашивающие устройства с жёсткими и гибкими рабочими органами. Наиболее эффективной показала себя косилка, оснащённая тросовым срезающим элементом. Высокостебельные сорняки, поднявшиеся выше культурных растений и затеняющие их, можно эффективно подкашивать на уровне верхушек листьев сахарной свёклы. Однако в этом случае подрезанные сорняки продолжают вегетировать, активно развивая боковые веточки, что затрудняет уборку фабричной и маточной свёклы. Поэтому в последующем был разработан экспериментальный образец устройства теребильного типа, позволяющего с помощью имитации ручного выдёргивания удалять сорняки из рядков растений (рис. 5). По данным опытов, с помощью теребильного устройства было удалено

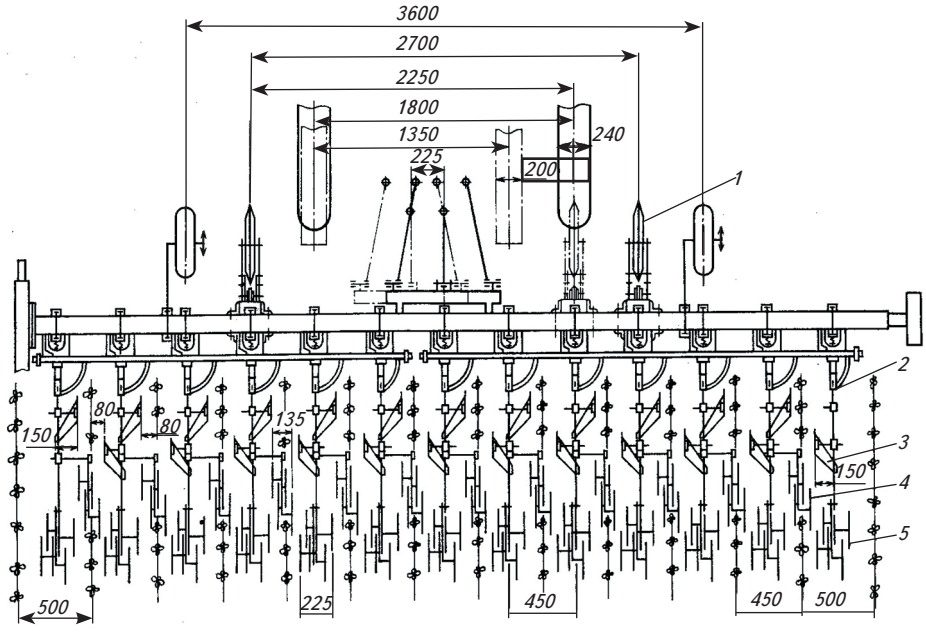
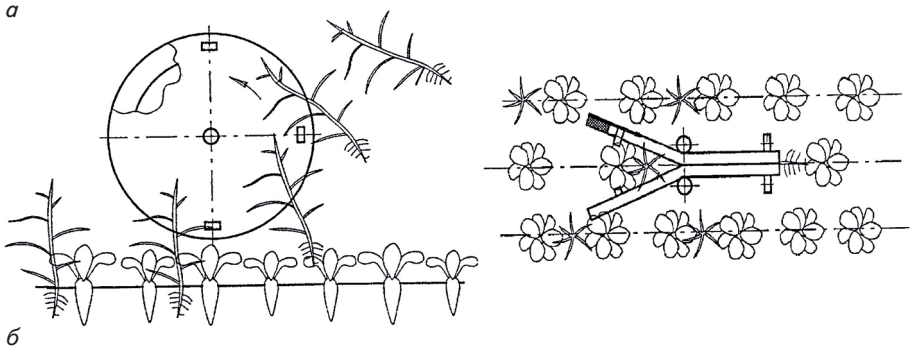


Рис. 4. Технологическая схема расстановки рабочих органов культиватора УСМК-5,4В для послевсходовой обработки почвы (шаровки)

а



б

Рис. 5. Экспериментальное теребильное устройство для удаления высокостебельных сорняков (а) и технологическая схема его работы (б)

Российской свеклосахарной отрасли – 220 лет!

с корневой системой 21 % мари белой и 69 % щирицы, стебли остальных сорных растений были оборваны [2, 14].

Одним из направлений совершенствования приёмов борьбы с сорной растительностью, повышения их рентабельности и экологической безопасности является разработка интегрированной системы защиты посевов сахарной свёклы. Эта система построена на рациональном сочетании достоинств агротехнического и химического методов. При проведении исследований специалистами ВНИИСС были разработаны и апробированы следующие варианты интегрированной защиты сахарной свёклы:

1) довсходовое боронование + + обработка гербицидами + окучивание;

2) полосное (ленточное) внесение гербицидов + двукратное рыхление междурядий.

В первом варианте начинающие прорастать в более поздний срок сорняки уничтожаются боронованием, что позволяет применять гербициды различного спектра действия в более поздний срок и тем самым сократить количество химических прополок с двух до одной. Окучивание растений помогает бороться со второй волной сорняков в рядках. Опыты, проведённые в 2005–2007 гг., показали эффективность данной схемы защиты в борьбе с сорняками и снижении гербицидной нагрузки на посевы и почву в 1,4–1,6 раза [5].

Во втором варианте защиты сорные растения, локализованные в рядках культуры, уничтожаются гербицидами, а в междурядьях – культивацией. С целью изучения и оптимизации параметров ленточного способа внесения гербицидов в 2010–2012 гг. ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова проводил соответствующие полевые исследования. В результате было установлено, что в междурядьях целесообразно бороться с сорной растительностью в два приёма: первый раз междурядная обработка проводится культиватором после второй химической прополки (при интенсивном развития корнееда – после первой); второе рыхление осуществляется по окончании химических обработок, перед смыканием листьев культуры в междурядьях. Опрыскиватель оснащается факельными распылителями с шириной распыления 20–30 см, установленными над рядками растений. Внедрение этого приёма в практику позволяет снизить расход гербицидов в 1,5–2 раза и соответственно затраты на проведение обработок на 30–40 % [4]. Для успешного внедрения в производство полосного внесения гербицидов требуется разработка специализированного устройства на базе культиватора.

Наряду со снижением доли агротехнических приёмов в борьбе с сорной растительностью практически не применяются и биологические методы борьбы с вредителями и болезнями. Однако мировая тенденция, направленная на биологизацию земледелия, в перспективе заставит шире применять экологически чистые способы производства сельскохозяйственной продукции. В ряде случаев химикаты могут быть успешно заменены микроорганизмами. Например, используя адаптивную агробиотехнологию с соответствующими технологическими приёмами, можно вырастить сахарную свёклу, оказывая наименее вредное воздействие на агробиоценоз [1].

Это касается и предпосевной подготовки семян, одной из проблем которой, связанных с экологией, является обработка семян защитными химическими препаратами инсектицидного и фунгицидного действия. Такие препараты в некоторой степени фитотоксичны, и обработка ими может приводить к снижению полевой всхожести семян и накоплению вредных веществ в почве, что сдерживает рост и развитие не только патогенной микрофлоры, но и всей почвенной биоты [16]. Работы, проведённые в 2014–2016 гг. на базе лаборатории эколого-микробиологических исследований почвы и отдела семеноводства и семеноведения ВНИИСС, показали, что возможна замена химических фунгицидных препаратов спорообразующими бактериями рода *Bacillus subtilis*. Установлено, что данный штамм усиливает способность почвы поддерживать равновесное состояние между полезной и патогенной микрофлорой, способствует снижению поражения проростков корнеедом и, как следствие, обусловливает повышение фотосинтетической активности и продуктивности сахарной свёклы. На основании полученных данных разработан технологический регламент дражирования семян сахарной свёклы с частичной заменой фунгицидов на бактериальную суспензию штамма *Bacillus subtilis* 20 [20, 21].

Заключение

Таким образом, одной из главных задач возделывания сахарной свёклы должна стать комплексная защита растений от вредных объектов (сорняков, болезней, вредителей), основанная на снижении доли химических препаратов (пестицидов) и предусматривающая развитие следующих направлений:

– совершенствование и разработка новых почворыхлящих рабочих органов пропашного культиватора, позволяющих проводить довсходовое и повсходовое рыхление почвы, исключающее изреживание посевов мелкосемянных культур (сахарной свёклы);

– разработка комбинированного устройства для полосной обработки рядков посевов гербицидами с одновременным рыхлением почвы в междурядьях пропашных культур (сахарной свёклы);

Российской свеклосахарной отрасли – 220 лет!

– продолжение исследований и проведение производственной проверки приёмов предпосевной подготовки семян, основанной на их биологической защите от болезней.

Список литературы

1. Адаптивная агробиотехнология // Агромир Черноземья. – 2017. – № 4 (149). – С. 27–36.

2. *Бартенев, И.И.* Совершенствование приёмов борьбы с высокостебельными сорняками / И.И. Бартенев, Д.Г. Сергеев // Сахарная свёкла. – 2004. – № 6. – С. 15–16.

3. *Бухтояров, Д.Н.* Рационально применять гербициды / Д.Н. Бухтояров, А.А. Красных // Сахарная свёкла. – 1987. – № 1. – С. 38–40.

4. *Гамуев, В.В.* Перспектива полосного внесения гербицидов в посевах сахарной свёклы / В.В. Гамуев // Сахарная свёкла. – 2015. – № 6. – С. 32–34.

5. *Гамуев, В.В.* Интегрированный способ защиты от сорняков / В.В. Гамуев, В.А. Титов, В.М. Вилков // Сахарная свёкла. – 2010. – № 4. – С. 34–35.

6. *Говоров, Д.Н.* Применение пестицидов. Год 2016 / Д.Н. Говоров, А.В. Живых, А.А. Шабельникова // Защита и карантин растений. – 2016. – № 5. – С. 3–4.

7. *Гуреев, И.И.* Ресурсосберегающий технологотехнический комплекс для выращивания сахарной свёклы / И.И. Гуреев // Сахарная свёкла. – 2006. – № 3. – С. 76–79.

8. *Дворянкин, Е.А.* Фитотоксичность гербицидов / Е.А. Дворянкин // Сахарная свёкла. – 2002. – № 10. – С. 22–25.

9. Вариабельность территориальных нагрузок пестицидами в Курской области и их связь с детской патологией / В.П. Иванов, А.Д. Богомазов, В.А. Королёв, С.П. Пахомов // Экология Центрально-Чернозёмной области Российской Федерации. – 2002. – № 2. – С. 98–100.

10. Гестозы второй половины беременности и их связь с пестицидной нагрузкой почв на примере Курской области / В.П. Иванов, В.А. Королёв, С.П. Пахомов, М.А. Кожухов // Актуальные проблемы акушерства, гинекологии и перинатологии : матер. III Российского научного форума. – М., 2001. – С. 163–164.

11. Пестициды и формирование онкологической патологии в Курской области / В.П. Иванов, Г.В. Кузнецова, В.А. Королёв, И.А. Киселёв // Экология Центрально-Чернозёмной области Российской Федерации. – 2002. – № 2. – С. 96–98.

12. *Кравец, М.В.* Интегрированная система борьбы с сорняками в семеноводстве гибридов сахарной свёклы / М.В. Кравец, И.И. Бартенев, Д.С. Гаврин [и др.] // Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов Российской Федерации : матер. Междунар. научно-практич. конференции. – Курган – Нальчик, 2018. – С. 551–554.

13. Организационно-технологический проект механизированного производства семян сахарной свёклы высадочным способом. – М. : РосельхозНОТ, 1985. – 118 с.

14. Патент RU 31901 U1, МПК A01B 39/18, Устройство для выдергивания высокостебельных сорняков : опубл. 10.09.2003 : бюл. № 25/ Сергеев Д.Г., Бартенев И.И., Корниенко А.В., Парфёнов А.М. ; заявитель Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара им. А.Л. Мазлумова. – 6 с.

15. Профилактика неблагоприятного влияния пестицидов и минеральных удобрений на здоровье сельского населения : методические рекомендации / Т.К. Константинова, В.И. Ермолов, Т.А. Тимофеева [и др.]. – Саратов, 1990. – 28 с.

16. *Рябчинский, А.В.* Эколого-токсикологическое обоснование способов токсикации для защиты всходов сахарной свёклы от вредителей в условиях лесостепи ЦЧР : специальность 06.01.11 «Защита растений» : автореф. дисс. ... канд. с/х наук / Рябчинский Алексей Владимирович ; Украин. с/х акад. – Киев, 1992. – 20 с.

17. Современные технологии производства сахарной свёклы. Рекомендации. – М. : Россельхозакадемия, 2002. – 40 с.

18. *Соловей, Ф.М.* Новое в механизации возделывания свёклы / Ф.М. Соловей // Сахарная свёкла. – 1988. – № 2. – С. 21–30.

19. *Спарварт, В.В.* Окучивание защитными дисками / В.В. Спарварт, В.П. Денисов // Сахарная свёкла. – 1981. – № 5. – С. 33–34.

20. *Сумская, М.А.* Влияние разного состава дражировочной массы семян на развитие корнееда и конечную продуктивность сахарной свёклы / М.А. Сумская, И.И. Бартенев, Н.П. Грибанова // Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия : матер. Научно-практич. конференции. – Белгород, 2015. – С. 381–387.

21. Использование фунгицидных свойств штамма *Bacillus subtilis* 20 при дражировании семян сахарной свёклы / М.А. Сумская, Н.П. Грибанова, Т.М. Кислинская, И.И. Бартенев // Сахарная свёкла. – 2017. – № 3. – С. 14–17.

22. *Чертова, Т.С.* На пороге нового года / Т.С. Чертова // Защита и карантин растений. – 2002. – № 12. – С. 4–7.

Аннотация. В настоящее время в сельском хозяйстве произошёл существенный перекос в сторону химических средств защиты растений. При этом не только почву, но и весь урожай активно «удобряют» нитратами и пестицидами. Такой подход к земледелию вредит не только здоровью населения, но и общему состоянию окружающей среды. Поэтому необходимо переходить к рациональному сочетанию агротехнических, биологических и химических методов борьбы с сорняками, вредителями и болезнями в посевах сахарной свёклы.

Ключевые слова: сахарная свёкла, технология, рыхление почвы, защита растений, химические средства, биометод, экология.

Summary. Currently, there has been a significant shift in agriculture towards chemical plant protection products. At the same time, not only the soil, but the entire crop is actively «fertilized» with nitrates and pesticides. This approach to farming is not only harmful to our health, but also to the general state of the environment. Therefore, it is necessary to move to a rational combination of agrotechnical, biological and chemical methods of controlling weeds, pests and diseases in sugar beet crops.

Keywords: sugar beet, technology, soil loosening, plant protection, chemicals, biomethod, ecology.