

Заключение. Пониженные на 10 и 20 % нормы внесения послевсходовых гербицидов различного спектра действия при совместном применении с адьювантами Сильвет Голд (0,1 л/га) и Адьо (0,2 л/га) при трехкратной химической обработке обеспечивают вполне достаточную, эффективную и надежную защиту сахарной свеклы от сорной растительности при любом уровне и структуре засоренности. Это позволяет при 20 %-ном уменьшении расхода гербицидов снизить затраты материальных средств в среднем на 1690–1780 руб/га и в 1,3–1,4 раза уменьшить экологическую нагрузку на свекловичное растение и окружающую среду.

Литература

1. Захаренко, В. А. Ресурсосбережение в защите растений / В. А. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2009. – № 11. – С. 4–9.
2. Прищепа, И. А. Совместное применение гербицидов, удобрений и ПАВ / И. А. Прищепа // Защита и карантин растений. – 2003. – № 2. – С. 26–27.
3. Гамуев, В. В. Способ снижения расхода гербицидов при обработке сахарной свеклы / В. В. Гамуев, Ю. В. Баранов // Сахарная свекла. – 2013. – № 3. – С. 29–31.

УДК 633.63:631[582+512.01]

ИТОГИ 40-ЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТЕ С САХАРНОЙ СВЕКЛОЙ

М. И. Гуляка

Опытная научная станция по сахарной свекле (г. Несвиж, Беларусь)

Введение. Целый ряд проблем, изучаемых в длительных стационарных полевых опытах, не утратил своей актуальности и сегодня. Как показывает практика, ценность результатов научных исследований возрастает пропорционально их продолжительности. В длительных опытах аккумулируются во времени действие, взаимодействие и последствие не только приемов агротехники, но и особенности динамики параметров окружающей

среды. Именно это обстоятельство позволяет успешно решать проблемные вопросы земледелия в конкретной почвенно-климатической зоне. На основе длительных опытов можно адекватно прогнозировать как позитивные, так и негативные последствия элементов системы земледелия. Следует подчеркнуть, что действие многих приемов агротехники на плодородие почвы и продуктивность растений становится очевидным лишь по истечении десятков лет.

Традиционно сложившейся основной обработкой почвы под большинство культур севооборота является отвальная вспашка. Известно, что она требует высоких затрат энергоресурсов [8, 10]. В мировом земледелии все большее признание находит минимизация обработки почвы – сокращение количества и уменьшение глубины обработок, замена отвальной вспашки приемами безотвального рыхления и поверхностной или мелкой обработки [6, 7, 9]. Вокруг вопроса, какой должна быть оптимальная глубина обработки почвы под сахарную свеклу, долгое время ведутся споры, но и на сегодняшний день среди ученых и практиков отсутствует единое мнение.

У дерново-подзолистых почв Беларуси маломощный гумусовый слой (20–22 см) и бедный элементами питания подзолистый горизонт с высокой кислотностью и неблагоприятными физическими свойствами, поэтому преимущества глубокой (30 см и более) обработки не являются безусловными. Исследования, проведенные за последние десятилетия, показали, что углубление пахотного слоя свыше 20 см за счет припашки подзолистого горизонта не дает положительного результата [2, 10]. Замена отвальной вспашки безотвальной и поверхностной обработкой позволяет сократить энергетические затраты на ее проведение без снижения урожайности возделываемых культур. Для установления зональных особенностей воздействия разной интенсивности механической обработки почвы (систем обработки в севообороте с сахарной свеклой) на физические, химические и биологические процессы, протекающие в почве, урожай и качество продукции на Опытной научной станции по сахарной свекле (г. Несвиж) в 1974–1977 гг. был заложен стационарный полевой опыт, который проводится по настоящее время.

Методика и условия проведения исследований. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на валунном хрящевидном песке, подстилаемом с глубины 70–80 см песком. В пространстве открыто три поля. Севооборот 8-польный: занятый пар, озимое тритикале (рожь), сахарная свекла, ячмень с подсевом клевера, клевер 1 года пользования, озимое тритикале (рожь), сахарная свекла, ячмень.

Варианты систем основной обработки почвы в севообороте:

1. В 100 % – отвальная вспашка на глубину 20 см под все культуры севооборота (контроль).

2. Д 25 % – дискование на 10 см в 2 полях (ячмень), вспашка в 6.

3. Д 50 % – дискование в 4 полях (ячмень и озимые), вспашка в 4.

4. Д 75 % – дискование в 6 полях (ячмень, озимые, занятый пар), вспашка в 2.

5. Д 100 % – дискование во всех полях.

6. БР 100 % – безотвальное рыхление на 20 см во всех полях.

Удобрения: под сахарную свеклу – 100 т/га навоза, $N_{120}P_{90}K_{150}$, под зерновые – $N_{60}P_{45}K_{60}$, под культуры занятого пара и клевер – $P_{45}K_{45}$, в двух полях севооборота под озимые – известкование (5 т/га доломитовой муки).

Повторность вариантов опыта трехкратная, размещение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки 130 м², учетной – зерновые 100 м², пропашные 88 м². Агротехника возделывания культур севооборота соответствовала отраслевым регламентам. Отвальная вспашка проводилась плугами ПН-4-35, ПНГ-3-43, дискование – тяжелой дисковой бороной БДТ-3, безотвальное рыхление – плугом Мальцева или др. плугами без отвалов. Системы обработки почвы не подвергались изменениям с момента закладки опыта. Учеты, наблюдения и анализы проводились согласно методике ВНИС.

Результаты и их обсуждение. *Агрохимические свойства почвы.* Для обеспечения устойчивого развития земледелия перво-степенное значение имеет осуществление комплекса мер по сохранению и повышению плодородия почвы. Создание высокопло-

дородного фона – залог стабильных по годам урожаев с.-х. культур. Агрохимические свойства почвы с момента закладки опыта и по истечении трех ротаций севооборота изменились таким образом: кислотность ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$) одинаково на всех вариантах снизилась с 5,9 до 6,8; содержание гумуса возросло с 2,5 до 3,7 %, подвижного фосфора – со 160 до 300 и обменного калия – со 120 до 260 мг/кг почвы. Действие систем основной обработки почвы проявилось в следующем: при ежегодной мелкой или безотвальной обработке почвы в севообороте содержание элементов питания увеличилось в верхнем (0–10 см) слое почвы и не снизилось в нижнем (10–20 см). Так, если по ежегодной отвальной вспашке к концу 3-й ротации содержание гумуса в слое почвы 0–10 см составило 3,9 %, а в слое 10–20 см – 3,6 %, то по дисковому лущению соответственно 4,2 и 3,8 % [2]. При традиционной отвальной вспашке и разноглубинной обработке питательные вещества распределялись равномерно по всему пахотному слою. Такая дифференциация обусловлена различием в характере распределения пожнивных остатков и вносимых органических и минеральных удобрений в пахотном слое, т. к. создаются различные условия для разложения органической массы. В аэробных условиях верхнего слоя почвы активизируется процесс гумификации, что и приводит к более высокому содержанию гумуса. Новейшие данные ученых свидетельствуют о том, что дифференциация пахотного слоя почвы на фоне постоянной минимальной обработки по содержанию доступных форм питательных веществ не относится к факторам, ограничивающим получение в этих условиях стабильно высоких урожаев. Этот вывод подтверждается и экспериментальными данными, полученными в нашем стационаре.

Биологическая активность почвы. Для изучения биологической активности почвы в опыте применяли метод аппликаций. Определение биогенности почвы по степени разложения клетчатки позволяет получить информацию о деятельности целлюлозоразрушающих бактерий и суммарной активности почвенных микроорганизмов. Образование перегноя и питательных веществ зависит от разложения органических остатков в почве, а процессы

разложения в свою очередь зависят от активности почвенной микрофлоры. Нашими исследованиями не выявлено существенной зависимости биологической активности почвы от систем основной обработки почвы в севообороте. Степень разложения льняной ткани в пахотном слое за три летних месяца (данные получены в 1986–1988 гг.) при ежегодной отвальной вспашке составила 84–88 %, а при безотвальной обработке – 83–90 % [3].

Агрофизические свойства почвы. Создание благоприятного строения пахотного слоя супесчаных почв является первоочередной задачей, которая может решаться в системе основной обработки почвы. Ключевым критерием физического состояния почвы служит плотность сложения. При ее изменении меняется и ряд других свойств: воздушный, тепловой и водный режимы, скорость протекания химических и биологических процессов. Долгое время считалось, что корневая система растений легче проникает и лучше развивается в рыхлой почве. Но еще Д. И. Менделеев доказал, что корни могут свободно проникать в твердую почву без всякой механической обработки. К настоящему времени установлено, что для каждого типа почвы характерна своя равновесная плотность, до которой она способна самоуплотняться. Супесчаные почвы имеют близкие по величине показатели оптимальной и равновесной плотности, что весьма показательно для научного обоснования возможности сокращения числа обработок и глубины рыхления этих почв. По обобщенным данным, на супесчаных почвах оптимальная плотность для зерновых культур находится в пределах 1,20–1,35 г/см³, для пропашных – 1,10–1,45, равновесная же плотность этих почв равна 1,3–1,4 г/см³ [4, 5].

Результаты наших исследований в стационарном опыте не выявили существенных различий в изменении плотности сложения пахотного слоя почвы в зависимости от систем основной обработки. Как при ежегодной вспашке, так и при разноглубинной обработке почвы в севообороте, плотность была близка к оптимальной, что говорит в пользу минимизации обработки. На всех вариантах общая скважность пахотного слоя находилась в пределах нормы (47–49 %); критическим значением для общего объема пор супесчаных почв является 38 % (табл. 1).

Таблица 1. Влияние систем основной обработки почвы на агрофизические свойства пахотного (0–20 см) слоя почвы

| Показатели | Сахарная свекла, 2007–2009 гг. | | Ячмень, 1986–1989 гг. | |
|------------------------------------|--------------------------------|--------|-----------------------|---------|
| | В 100 % | Д 50 % | В 100 % | Д 100 % |
| Плотность, г/см ³ | 1,32 | 1,32 | 1,35 | 1,35 |
| Общая скважность, % | 49,4 | 49,5 | 47,7 | 48,0 |
| Запас продуктивной влаги, мм/га | 19,5 | 21,0 | 21,6 | 25,0 |
| Скорость водопроницаемости, мм/час | | | 168 | 152 |

Из всех приемов обработки легких почв эффективными являются те, при которых влага хорошо накапливается в почве и дольше сохраняется. Хотя Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения (около 400 мм осадков за вегетационный период), в отдельные годы и месяцы бывают неблагоприятные для растений засушливые условия. На супесчаных почвах, подстилаемых песками, растения чаще и сильнее страдают от засухи, чем на других типах почв. Долгое время считалось, что влажность почвы тем выше, чем глубже проведена обработка. Земледельческой наукой и практикой накоплен большой экспериментальный материал, доказывающий, что мелко обработанная почва способна сохранить больше влаги. И. А. Стебут писал: «...чем мельче пахать, тем на меньшую глубину можно высушить почву». Нашими исследованиями установлено, что мелкая обработка почвы способна повышать запасы влаги в пахотном слое, особенно в засушливые периоды (см. табл. 1). И еще один аргумент в пользу минимальной обработки: она снижает водопроницаемость почвы. При высокой скорости водопроницаемости влага выпадающих осадков быстро просачивается в подпахотный горизонт, т. е. опускается за пределы основной массы корневой системы растений и становится для них недоступной. В нашем опыте скорость водопроницаемости определяли после уборки ячменя. Так, если по ежегодной отвальной вспашке ее величина составила 168 мм/час, то по дискованию – 152 мм/час.

Засоренность посевов. В системе агротехнических мероприятий по борьбе с сорной растительностью обработке почвы

придается особое значение. Долгое время отвальная вспашка на глубину пахотного слоя считалась единственно верным способом снижения засоренности полей. Но такая обработка почвы как бы «консервирует» семена сорняков, перемещая их из верхнего слоя в нижний. При ежегодной вспашке последующий оборот пласта выносит семена сорняков наверх, где в аэробных условиях они успешно прорастают. Безотвальная же обработка создает семенам сорняков условия для быстрого прорастания, что позволяет их уничтожить в тот же год. Накопленный экспериментальный материал подтверждает: используя минимальную обработку почвы можно успешно бороться с сорняками. Несомненно, безотвальная обработка почвы приводит к увеличению засоренности посевов на 20–30 % [4, 5, 11]. Поэтому следует четко представлять, что это не упрощенная обработка почвы. Ее можно внедрять только при высокой культуре земледелия на полях, уже очищенных от сорняков, в первую очередь многолетних.

Динамику засоренности при длительном использовании разных систем основной обработки почвы можно наглядно проследить на посевах сахарной свеклы (табл. 2).

Таблица 2. Количество всходов сорняков в посевах сахарной свеклы, шт/м²

| Система обработки почвы | Ротации севооборота | | | | | Среднее за 5 ротаций | ± к контролю, % |
|-------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|----------------------|-----------------|
| | 1-я | 2-я | 3-я | 4-я | 5-я | | |
| В 100 % | 241 | 186 | 52 | 128 | 162 | 154 | |
| Д 25 % | 255 | 182 | 62 | 141 | 186 | 165 | + 7,4 |
| Д 50 % | 247 | 212 | 66 | 120 | 153 | 160 | + 3,9 |
| Д 75 % | 245 | 207 | 61 | 110 | 151 | 155 | + 0,7 |
| Д 100 % | 280 | 260 | 86 | 156 | 191 | 195 | + 26,6 |
| БР 100 % | 252 | 256 | 72 | 131 | 169 | 176 | + 14,3 |

За время проведения опыта свекла возделывалась 24 года. Сорняки учитывали после появления всходов свеклы перед прополкой (или внесением гербицидов). В первые годы исследований на 1 м² насчитывалось свыше 200 всходов сорняков. В дальнейшем соблюдение правильного чередования культур в севообороте,

систематическое уничтожение сорной растительности агротехническими методами и ручной прополкой, а со второй ротации – использование гербицидов привели к значительному снижению засоренности (до 100 шт/м²). От многолетних сорняков поля избавлены практически полностью. Многолетние исследования позволили заключить, что системы разноглубинной основной обработки почвы (чередование отвальной вспашки с безотвальной) не оказывают существенного влияния на степень засоренности (превышение над контролем 2–5 %). Систематическое же применение в севообороте дискования или безотвального рыхления под все культуры приводит к повышению засоренности посевов сахарной свеклы на 17–28 %.

Продуктивность культур севооборота. Урожайность и качество возделываемых культур севооборота являются обобщающим показателем, позволяющим объективно оценить разные системы основной обработки почвы. Самой требовательной к условиям выращивания является сахарная свекла. Она служит индикатором всей системы земледелия и, в частности, обработки почвы. В наших исследованиях в среднем за пять ротаций севооборота урожайность корнеплодов сахарной свеклы и содержание сахара в них были близкими независимо от систем основной обработки (табл. 3).

Даже длительное бесменное применение дискования и безотвального рыхления не привело к достоверному снижению урожайности и качества корнеплодов сахарной свеклы [1]. Урожайность зерновых культур выросла с 2,5 т/га в первой ротации севооборота до 5,5 т/га к концу пятой ротации; существенной зависимости от способа и глубины обработки почвы не выявлено. Анализ продуктивности севооборота в целом, выраженный в тоннах кормовых единиц с гектара в среднем за 1 год, показал, что применение безотвальной основной обработки почвы не снижает урожайность сахарной свеклы и остальных культур севооборота. По всем системам обработки почвы получено в среднем 6,2–6,4 т/га к. ед. основной продукции.

Каждая система обработки почвы характеризуется своей энергоемкостью. Определить экономическую эффективность того

Таблица 3. Продуктивность культур севооборота в зависимости от системы обработки почвы, т/га

| Ротация | Система обработки почвы | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | В 100 % | Д 25 % | Д 50 % | Д 75 % | Д 100 % | БР 100 % |
| <i>Озимая рожь и тритикале</i> | | | | | | |
| 1-я | 2,65 | 2,59 | 2,52 | 2,44 | 2,49 | 2,53 |
| 2-я | 3,58 | 3,59 | 3,52 | 3,42 | 3,48 | 3,30 |
| 3-я | 3,22 | 3,17 | 3,14 | 3,06 | 2,84 | 2,90 |
| 4-я | 4,94 | 4,70 | 4,60 | 4,77 | 4,96 | 4,68 |
| 5-я | 5,56 | 5,60 | 5,35 | 5,66 | 5,24 | 5,17 |
| <i>Среднее</i> | <i>3,99</i> | <i>3,93</i> | <i>3,83</i> | <i>3,87</i> | <i>3,80</i> | <i>3,72</i> |
| <i>Ячмень</i> | | | | | | |
| 1-я | 3,12 | 3,14 | 3,12 | 3,02 | 3,04 | 3,04 |
| 2-я | 3,91 | 3,98 | 3,93 | 3,81 | 3,68 | 3,75 |
| 3-я | 3,61 | 3,88 | 3,69 | 3,66 | 3,59 | 3,44 |
| 4-я | 4,32 | 4,49 | 4,32 | 4,40 | 4,30 | 4,20 |
| 5-я | 4,76 | 4,87 | 4,35 | 4,50 | 4,54 | 4,30 |
| <i>Среднее</i> | <i>3,94</i> | <i>4,07</i> | <i>3,88</i> | <i>3,88</i> | <i>3,83</i> | <i>3,75</i> |
| <i>Сахарная свекла</i> | | | | | | |
| 1-я | 38,0 | 38,0 | 37,6 | 36,4 | 34,7 | 37,2 |
| 2-я | 37,8 | 37,7 | 37,3 | 37,2 | 36,3 | 36,3 |
| 3-я | 39,2 | 38,0 | 39,2 | 37,6 | 39,0 | 38,0 |
| 4-я | 52,9 | 51,7 | 53,6 | 53,2 | 52,7 | 51,0 |
| 5-я | 52,1 | 50,9 | 52,6 | 54,2 | 54,8 | 52,2 |
| <i>Среднее</i> | <i>44,0</i> | <i>43,3</i> | <i>44,1</i> | <i>43,7</i> | <i>43,5</i> | <i>43,0</i> |

или иного способа обработки почвы одними урожаями с.-х. культур не всегда представляется возможным, если таковые не отличаются резко по своим величинам, и доказать превосходство какого-то приема можно только экономией топлива и повышением производительности. Используя в качестве основной обработки почвы дисковое лушение или безотвальное рыхление, можно снизить расход топлива на 7,6 и 3,6 л/га соответственно без риска снижения урожайности возделываемых культур. Кроме того, более высокая производительность агрегатов позволяет провести полевые работы в сжатые сроки.

Заключение. На дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой легкими породами, традиционную отвальную вспашку в севообороте с сахарной свеклой можно заменять почвозащитными, ресурсосберегающими системами разноглубинной обработки (чередование глубокой отвальной с мелкой дисковой или безотвальной).

При разноглубинной системе отвальную вспашку на 20 см целесообразно проводить под пропашные культуры (сахарную свеклу, картофель) для заделки органических удобрений, заделки пласта многолетних трав; под зерновые, парозанимающие и пожнивные культуры вспашку можно заменить мелкой вспашкой, дискованием на 10 см или безотвальным рыхлением на 20 см без риска снижения продуктивности этих культур.

Систематическое внесение оптимальных доз органических и минеральных удобрений приводит к повышению плодородия пахотного слоя независимо от систем основной обработки почвы. Некоторая дифференциация пахотного слоя на фоне постоянной безотвальной обработки по содержанию питательных веществ (увеличение их в слое 0–10 см) не ограничивает получения стабильно высоких урожаев с.-х. культур.

При разных системах обработки супесчаной почвы агрофизические свойства пахотного слоя (плотность, скважность, степень аэрации и насыщения водой) остаются оптимальными. Мелкая обработка улучшает водный режим легких почв: повышается запас влаги (особенно в периоды засухи), снижается скорость водопроницаемости.

Разноглубинная обработка обеспечивает достаточно высокую степень биологической активности пахотного слоя почвы.

Системы разноглубинной основной обработки почвы в севообороте (при строгом соблюдении всех агротехнических требований) не оказывают существенного влияния на засоренность культур севооборота. Применение безотвальной обработки приводит к повышению засоренности посевов на 25–30 %, что может быть устранено с помощью соответствующей системы гербицидов.

В регионах, подверженных водной или ветровой эрозии, замена отвальной вспашки под сахарную свеклу дисковым лушением или безотвальным рыхлением (с предварительной заделкой навоза тяжелой дисковой бороной) позволяет существенно повысить противоэрозионную стойкость почвы без существенного снижения продуктивности и качества свеклы.

Общая продуктивность севооборота от применения в нем мелкой или безотвальной обработки почвы существенно не снижается.

Литература

1. Вострухин, Н. П. Продуктивность культур полевого севооборота / Н. П. Вострухин [и др.]. – Минск : Ураджай, 1990. – С. 105–118.
2. Вострухин, Н. П. Земледелие и свекловодство / Н. П. Вострухин. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 543 с.
3. Вострухин, Н. П. Безотвальная обработка почвы в севообороте / Н. П. Вострухин [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 124 с.
4. Гуреев, И. И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свеклы / И. И. Гуреев. – М. : Печатный город, 2011. – С. 61–73.
5. Заленский, В. А. Обработка почвы и плодородие / В. А. Заленский, Я. У. Яроцкий. – Минск : Беларусь, 2003. – С. 235–260.
6. Кирюшин, В. И. Минимизация обработки почвы / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2007. – № 4. – С. 28–30.
7. Колмаков, П. П. Минимальная обработка почвы / П. П. Колмаков, А. М. Нестеренко. – М. : Колос, 1981. – С. 180–228.
8. Макаров, И. П. Задачи по разработке и внедрению ресурсосберегающей обработки почвы в зональных системах земледелия / И. П. Макаров // Ресурсосберегающие системы обработки почвы : сб. ст. – М. : Агропромиздат, 1990. – С. 3–11.
9. Нарциссов, В. П. Научные основы систем земледелия / В. П. Нарциссов. – М. : Колос, 1976. – С. 164–167.
10. Небышинец, С. С. Энергоресурсосберегающие системы обработки почвы / С. С. Небышинец [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. ст. – Минск : ИВЦ Минфина, 2007. – С. 48–66.
11. Нилова, О. В. Влияние основной обработки почвы и гербицидов на засоренность посевов и урожайность сахарной свеклы / О. В. Нилова // Актуальные проблемы агрономии и пути их решения : мат. Междунар. конф. – Горки, 2005. – С. 184–186.