

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

Государственное научное учреждение

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ**



**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ И НОВЫЕ СПОСОБЫ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРИЕМЫ ПРИМЕНЕ-
НИЯ УДОБРЕНИЙ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМАХ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Курск – 2009

УДК: 631.51:631.8 (470.32)

Усовершенствованные и новые методы механической обработки почвы и приемы применения удобрений в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья. - Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2009.- 41 с.

Авторский коллектив:

чл.-корр. РАСХН Черкасов Г.Н., д.с.-х.н. Пыхтин И.Г., д.с.-х.н. Масютенко Н.П., к.с.-х.н. Шутов Е.В., к.с.-х.н. Чуян О.Г., к.с.-х.н. Нитченко Л.Б., д.с.-х.н. Проценко Е.П., д.с.-х.н. Дубовик Д.В., к.с.-х.н. Дериглазова Г.М., Митрохина О.А., аспирант Зубков А.С.

На основании проведенных многолетних полевых исследований и обобщения экспериментальных данных полевых опытов НИИ Центрального Черноземья и других регионов России изложены тенденции в совершенствовании малоэнергоемких систем и способов обработки почвы, а также внесения удобрений в современном земледелии. Обобщены условия наиболее эффективного применения их в зависимости от почвенно-климатических и экологических условий, даны рекомендации, позволяющие избежать отрицательных последствий в случае необоснованного использования. Показана эффективность применения удобрений при основных способах обработки почвы, предложены усовершенствованные и новые приемы применения удобрений на основе оценки обеспеченности почв и сельскохозяйственных культур макро- и микроэлементами.

Брошюра предназначена для широкого круга специалистов сельского хозяйства различных форм собственности.

Одобрены и рекомендованы к публикации Ученым советом Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии от 2 октября 2009 года, протокол № 5

Содержание

Введение.....	4
1. Современные тенденции в развитии ресурсосберегающих экологически безопасных систем и способов основной обработки почвы.....	5
2. Методология исследований.....	7
3. Результаты исследований по совершенствованию систем и способов обработки почвы в Центрально-Черноземном регионе	8
4. Результаты исследований по совершенствованию систем и способов обработки почвы в других регионах России.....	13
5. Условия эффективного применения основных способов обработки почвы.....	22
5.1. Общие условия эффективного применения основных способов обработки почвы.....	22
5.2. Эффективность применения удобрений при основных способах обработки почвы.....	24
6. Усовершенствованные и новые приемы применения удобрений на основе оценки обеспеченности почв и сельскохозяйственных культур макро- и микроэлементами.....	31
7. Основные выводы.....	37
Литература.....	39

Введение

В современной земледелии России не существует единой точки зрения на эффективность различных систем и способов обработки почвы. Существует несколько концепций, отрицающих друг друга: от сторонников комбинированных систем в севооборотах, где разумно сочетались бы отвальные, безотвальные, поверхностные и нулевые способы, до приверженцев систематических мелких, поверхностных и даже нулевых способов обработки почвы.

Сторонники второй точки зрения, справедливо указывая на достоинства таких обработок, а именно: экономию горюче-смазочных материалов, высокую производительность, рентабельность производства продукции, - зачастую умалчивают или отрицают некоторые негативные аспекты, присущие им. Как правило, к таким авторам отечественных публикаций относятся специалисты (консультанты) различных фирм, продающих специальную технику, особенно для нулевых обработок почвы. Доводами в пользу таких способов являются ссылки на опыт зарубежных стран или данные, полученные в производственных условиях различных регионов России без наличия контрольного варианта. При этом совершенно не учитываются особенности, сложившиеся в отечественном земледелии: наличие почв тяжелого гранулометрического состава, низкой культуры земледелия, большой засоренности полей сорняками, отсутствие необходимой технологической дисциплины в сельскохозяйственных предприятиях. Игнорируется и тот факт, что применение таких обработок в системе севооборота требует обязательного использования гербицидов и удобрений, сводящих энергоемкость ресурсосберегающих способов до уровня традиционной вспашки.

Вместе с тем, в земледелии зарубежных стран явно преобладают средние и глубокие отвальные и безотвальные (чизельные) энергоемкие обработки. Косвенным доказательством использования таких обработок являются выпускаемые многими фирмами оборотные отвальные плуги: Euro-(Vari) Opal; ES/LS; EM/LM; PN/RN; RW/RW; Albatros+Super-Albatros; Maraby; глубокорыхлители: Dondi; Digger; Dolomit; Labrador; KRTEK; плуги чизельные: JD 2410; S 4302; HSBA-71; LCS 11153-4; SCP-23 и мн.др. В некоторых видах чизелей наряду с глубоким рыхлением предусматривается одновременное предварительное лушение почвы дисками.

Приведенные факты позволяют констатировать, что совершенствование систем и способов обработки почвы в земледелии России остается важной задачей.

Эффективность основной обработки почвы усиливается, когда обработка осуществляется в определенной системе, связанной с применением сбалансированных доз минеральных удобрений.

Для получения высоких урожаев хорошего качества особую значимость приобретает сбалансированность элементов питания растений. Недостаток микроэлементов в питательной среде нарушает обмен веществ, что сказывается на урожае и его качестве. Правильная система питания растений невозможна без участия в ней микроэлементов.

В настоящее время на первый план выходит задача не только рационального применения имеющихся в распоряжении агрария удобрений, но и разработка усовершенствованных и новых приемов их применения с целью не только повышения урожая, но и влияния на качественные его характеристики. Агрехимической наукой и опытом передовых хозяйств установлены три основных способа применения микроудобрений: внесение в почву, обработка семян и некорневая подкормка вегетирующих растений. Целесообразно оптимизировать питание растений в критические фазы развития, используя такой агроприем, как проведение некорневых подкормок.

При применении некорневых обработок культур увеличивается использование элементов питания из почвы, а также повышается устойчивость растений к пониженным температурам, недостатку или избытку влаги, недостатку энергии света. Возможность их использования в баковых смесях с пестицидами позволяет растениям легче перенести стрессы от воздействия ядохимикатов. При этом некорневая подкормка выполняет сразу три функции: удобрительную, регуляторную и защитную.

Усовершенствование и разработка новых наиболее рациональных приемов некорневого внесения удобрений на зерновых культурах на основе оценки обеспеченности почв и сельскохозяйственных культур макро- и микроэлементами, изучение влияния традиционных (азотных) и микроэлементных подкормок на продуктивность и качество урожая зерновых культур является актуальной задачей в адаптивно-ландшафтном земледелии.

1. Современные тенденции в развитии ресурсосберегающих экологически безопасных систем и способов основной обработки почвы

В отечественном земледелии в последние годы совершенствование систем и способов обработки почвы идет в основном в направлении их ресурсосбережения и природоохранной направленности.

К таким способам относятся, главным образом, поверхностные, мелкие безотвальные основные обработки почвы или, вообще, отказ от них, а также совмещение или упрощение отдельных приемов, составляющих предпосевную подготовку.

Минимальная обработка почвы позволяет сократить производственные затраты в расчете на гектар посева на 30-40%, в т.ч. расход топлива в 1,5-2,0 раза, повысить рентабельность производства зерна до 30 %, защитить почву от ветровой и водной эрозии, увеличить содержание органического вещества в верхнем 0-10 см слое почвы и во многих случаях обеспечить равный урожай зерновых культур в сравнении с традиционной вспашкой (Прохоров В., Мануйлов В., 1980; Ревякин Е.Л., 1981; Носов Д.К., Пархоменко М.В., Сони-на Н.И., 1984; Витер А., 1984; Макаров И.П., 1984; Коротков В.К., 1986; Пупонин А.И., Кирюшин Б.Д., 1989; Шишлянников И.Д., 1996; Безуглов В.Г., Гафуров Р.М., 2002; Немцев С.Н., 2004; Бугаевский В.К. и др., 2005; Холмов В.Г., Юшкевич В.В., 2006; Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., 2006).

Однако на фоне этих безусловных плюсов есть ряд негативных аспектов их использования. Доказанным является тот факт, что необоснованное применение минимальных обработок вызывает резкое увеличение засоренности посевов, обуславливающее необходимость последующего применения гербицидов, сводящего энергоёмкость способа к обычной вспашке.

Установлена четкая зависимость возрастания засоренности посевов по мере увеличения срока использования таких обработок.

Вторым негативным аспектом таких обработок явилось то, что из-за наличия растительных остатков на поверхности почвы уменьшается снабжение растений азотом, вызывающим необходимость применения минеральных удобрений, повышающим энергоёмкость технологий (Холмов В.Г., 1986; Рассадин А., Клычинкова С., 1987; Кирюшин В.И., 2005).

Имеется еще одна сторона ограничивающая параметры применения малоэнергоёмких способов обработки почвы. Дело в том, что они не могут использоваться под все без исключения культуры. По обобщенным данным ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии полевые культуры по степени положительной реакции на минимализацию обработки почв можно расположить в следующем порядке убывающего значения: озимые зерновые – яровые зерновые – однолетние травы – гречиха – подсолнечник – кукуруза – сахарная свекла.

На неоднозначность реакции подсолнечника, кукурузы на мелкие обработки почвы имеется множество ссылок (Никитчин Д.И., Минковский А.Е., Аксенов И.В., 1995; Любинецкий И.Н. и др., 1992; Наумкин В.Н. и др., 1993; Бойко П.И. и др., 1985).

Что же касается сахарной свеклы, то здесь всегда преимущество остается за глубокой отвальной обработкой почвы (Доценко И.М., 1998; Ивлев Д.М. и др., 1997; Никульников И.М. и др., 2001; Вербицкий В.В., 1999; Бондарчук А.А., 1999; Шаповалов Н.К. и др., 1996; Маслов И.В., 2000), несмотря на многие попытки это опровергнуть.

По отношению к зернобобовым, просу пока не имеется широкой базы данных, позволяющей утверждать возможность выращивать их по ресурсосберегающим технологиям с использованием поверхностной, мелкой безотвальной и тем более нулевой обработкам почвы (Исаев А.П., Новиков В.М., 1993).

Нельзя сбрасывать со счетов и наличие таких нежелательных явлений, проявляющихся при необоснованном применении, как повышение плотности почвы и вследствие этого увеличения стока талых вод, поражения зерновых болезнями.

Изложенное выше позволяет предполагать, что шаблонное применение различных способов обработки почвы может приводить к отрицательным результатам, которых можно было бы избежать имея научно-обоснованный перечень тех условий в которых те или иные способы наиболее целесообразны. В этом же состоит и основной путь их совершенствования.

Дополнительным путем можно считать разработку новых конструкций машин, способных коренным образом изменить сам характер крошения пла-

ста, подрезания сорняков, заделки растительных остатков. К сожалению таких машин не столь много, но безусловно, как положительный пример можно отметить появление дискаторов (БДМ) различных типов для поверхностной обработки, противоэрозионных культиваторов типа КТС-10 для мелкой безотвальной обработки.

К числу таких машин надо отнести и чизели типа американских LCS 5303-4, позволяющие одновременно проводить лушение стерни, глубокое рыхление и прикатывание. Их появление оказалось бы весьма полезным для Нечерноземья, ввиду наличия тяжелых заплывающих почв, и степных районов России с явным недостатком влаги в почве.

2. Методология исследования

В большинстве случаев в научно-исследовательских институтах сельского хозяйства страны изучение эффективности различных систем и способов обработки почвы, и влияния удобрения в севооборотах проводится в многолетних полевых опытах.

Преимущество таких опытов состоит в том, что позволяет проследить эффективность систематического применения того или иного способа обработки почвы, внесения удобрений на ее плодородие, свойства, урожайность культур, фитосанитарное состояние посевов в длительных промежутках времени.

Как правило, в таких опытах более отчетливо проявляются как положительные стороны, так и негативные аспекты систем и способов обработки почвы, причем тем сильнее, чем длительнее ведется опыт.

В тоже время применение отдельных способов обработки почвы может носить кратковременный (одногодичный) характер и, следовательно, все негативные стороны не успевают проявиться из-за сглаживания последствий предшествующей системы.

К сожалению временных опытов значительно меньше, особенно в последнее десятилетие, так как их ведение связано с определенными трудностями организационного характера.

Кроме того, во многих стационарных полевых опытах, заложенных в конце XX века, отсутствуют такие ресурсосберегающие способы основной обработки почвы, как поверхностная и нулевая, из-за отсутствия в то время соответствующих машин. Наличие же мелких и средних безотвальных почвозащитных обработок не позволяет полностью оценить эффективность первых, что также сказывается на существующей противоречивой оценке всех систем и способов.

Результаты таких опытов дают совершенно иную картину, весьма благоприятную для их использования, прежде всего, в экономическом и экологическом плане.

В сложившихся условиях четко проявляется наличие различных точек зрения, особенно по вопросам обработки почвы, от необоснованного отрица-

ния многих уже устоявшихся способов, до явной приверженности к отдельным видам, особенно нулевым обработкам.

Истина же, как всегда лежит в середине, т.е. в научно-обоснованном применении всех способов в рамках дифференцированных (комбинированных) систем обработки почвы в севооборотах.

Отсюда наиболее полная оценка эффективности отдельных систем и способов обработки почвы может быть сделана только при анализе результатов многолетних и временных полевых опытов, с учетом сложившихся почвенно-климатических, фитосанитарных, экологических, экономических и других условий их ведения. Временной «фактор» в таком случае, является тем углом, который позволит в настоящее время убрать имеющиеся противоречия в оценке всех существующих способов обработки почвы.

Изложенное позволяет сделать вывод, что совершенствование систем и способов обработки почвы в земледелии остается важной задачей.

3. Результаты исследований по совершенствованию систем и способов обработки почвы в Центрально-Черноземном регионе

В Центрально-Черноземном регионе изучение данных вопросов в наибольшей степени было сосредоточено во Всероссийском научно-исследовательском институте земледелия и защиты почв от эрозии (ВНИИ-ЗиЗПЭ), Курском НИИ агропромышленного производства, Белгородском НИИ сельского хозяйства, Белгородской ГСХА, НИИСХ Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева.

Исследования проводились как в длительных многолетних, так и временных полевых опытах. Во-первых, изучались действие различных систем обработки почвы в севооборотах, причем при систематическом и периодическом использовании различных способов, во-вторых, как правило, эффективность способов их при непродолжительном применении. Такое сочетание оказалось весьма полезным, так как последствия применения способов оказались противоречивыми в зависимости от продолжительности ведения опытов, что послужило и основанием в последующем разных выводов.

Показателен в этом отношении ряд опытов Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии с изучением различных систем обработки почвы. В многолетнем полевом опыте, проведенном в 1986-1994 годах изучалось влияние систематической вспашки, нулевой и мелкой безотвальной обработки почвы, а также их сочетания на фоне высоких доз минеральных удобрений на продуктивность культур пятипольного зернопаропропашного севооборота. В первой ротации севооборота использование нулевой и мелкой безотвальной обработок почвы обеспечило практически равную продуктивность севооборота в сопоставлении с отвальной разноглубинной обработкой (табл.1).

Однако это равенство сохранялось только в интервале первой ротации севооборота. Во второй ротации недобор урожая по нулевой обработке достигал уже 43 ц зерновых единиц, что равносильно потере одного поля.

1. Продуктивность пятипольного зернопаропропашного севооборота по различным системам обработки почвы

Системы обработки почвы	Первая ротация, 1986-1990 гг.		Вторая ротация, 1991-1994 гг.	
	Продуктивность севооборота	Отклонение по сравнению с контролем, ±	Продуктивность севооборота	Отклонение по сравнению с контролем, ±
	з.е.			
Отвальная раз-ноглубинная (контроль)	23,7	-	25,4	-
Нулевая с гербицидами	23,5	-0,2	22,8	-2,6
Нулевая без гербицидов	22,9	-0,8	21,1	-4,3
Мелкая безотвальная с гербицидами	23,1	-0,6	24,4	-1,0
Мелкая безотвальная без гербицидов	23,5	-0,2	24,4	-1,0
Сочетание обработок	24,1	+0,4	24,5	-0,9

Весьма показательно сопоставление урожайности отдельных культур по способам обработки почвы в течение всего периода. Под озимую пшеницу из 9 лет исследований наиболее предпочтительной обработкой почвы оказались по 4 года нулевая и мелкая безотвальная обработка и только один раз вспашка, под ячмень 6 лет нулевая обработка и только два раза вспашка, под яровую пшеницу 4 года нулевая обработка, два года мелкая безотвальная и три года традиционная вспашка, под сахарную свеклу 7 лет глубокая вспашка, под однолетние травы 6 лет вспашка и три года нулевая и мелкая безотвальная обработки.

Во второй ротации севооборота отчетливо проявились некоторые негативные стороны нулевой и мелкой безотвальной обработок почвы.

Во-первых, в последние три года резко увеличилась засоренность в посевах по нулевой и мелкой безотвальной обработке почвы в сопоставлении с систематической вспашкой.

Количество сорняков в посевах ячменя и яровой пшеницы по нулевой обработке превышало систематическую вспашку, соответственно, в 4,1 и 16,7 раза, по мелкой безотвальной в 1,2 и 5,7 раза, причем в их составе резко увеличилась доля бодяка и асота полевого, делающих прямое комбайнирование этих культур невозможным.

В посевах сахарной свеклы по нулевой обработке почвы их число в начале всходов достигало таких величин, что не давало возможность просмотр-

реть рядки культуры, а, следовательно, и провести первую междурядную обработку, что делало такую технологию неприемлемой в производственных условиях.

Во-вторых, к концу второй ротации севооборота явно просматривалась тенденция уплотнения почвы. Если под яровой пшеницей на глубине 20 см сопротивление почвы вдавливанию по минимальным обработкам составляло порядка 71 кг/см², по вспашке только 53 кг/см². Естественно, в последнем случае и объемная масса почвы была меньше на 0,04-0,06 г/см³.

В Белгородской ГСХА на типичном черноземе в полевом зернопропашном севообороте: горох-озимая пшеница-кукуруза на силос-ячмень,- применение мелкой бессменной безотвальной обработки почвы в сопоставлении со вспашкой на глубину 20-22 см способствовало повышению плотности пахотного слоя почвы от 0,3 до 0,9 г/см³, при этом не оказывало существенного влияния на содержание продуктивной влаги в метровом слое, биологическую активность почвы, однако увеличивало численность дождевых червей в 1,7 раза, засоренность посевов всех без исключения культур в среднем на 44 %. Различие между этими двумя видами обработок по урожаю зерновых культур не выходила за пределы ошибки опыта, хотя снижение урожайности зеленой массы кукурузы составило 40,5 ц/га.

При мелкой безотвальной обработке затраты труда снижались на гектар посева на 0,45 чел/часов, горючего на 12,7 литров, а рентабельность производства зерновых была выше на 17-25 %. Для кукурузы наиболее рентабельной оставалось применение вспашки (Чеботарев О.П., 2004).

В многолетнем опыте Белгородского НИИ сельского хозяйства с изучением систем традиционной вспашки, безотвальной обработки на такую же глубину и минимальной (поверхностной) обработки под все культуры в трех зернопропашных севооборотах с насыщением пропашными от 20 до 60 %, применение последней не сказывалось на урожайности озимой пшеницы, запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы, поражении зерновых болезнями, способствовало увеличению содержания гумуса, уплотнению почвы только в севообороте с 20 % пропашных культур и 40 % многолетних трав, сосредоточению подвижных форм фосфора и калия в верхнем 0-20 см слое почвы, а вследствие этого и подавляющей массы корней возделываемых культур в этом горизонте. В тоже время, при такой обработке почвы снижалась урожайность сахарной свеклы на 4,8 – 15,9 %, кукурузы на зерно на 12,3 %, кукурузы на силос на 6,0 -12,5 %.

Использование минимальной обработки уменьшило затраты ГСМ на 50-60 % и материально-денежных средств на 20-25 % (Уваров Г.И., Соловченко В.Д., Бондаренко М.В., 2007; Тютюнов С.И., 2005).

Изучение влияния вспашки на глубину от 20 до 37 см, ежегодного рыхления плугом Т.С.Мальцева на глубину 25-27 см под все культуры, а также разноглубинной плоскорезной обработки в десятипольном зернопропашном севообороте с насыщением 40 % пропашных в НИИСХ ЦЧП им. В.В.Докучаева показало, что двадцатилетнее использование различных систем обработки почвы существенно не изменяло водный режим чернозема

обыкновенного, безотвальные обработки достоверно увеличивали твердость почвы в слое 5-25 см, а засоренность посевов на 45-95 %, снижали урожайность культур на 4-6 %. Кроме того, последние не создавали благоприятных условий для мобилизации макроэлементов в черноземе по сравнению со вспашкой. В итоге наиболее благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур на черноземе обыкновенном, даже в степной зоне, создавались по отвальной системе обработки почвы на глубину 20-22 см (Рымарь С.В., 2007).

Анализ данных многолетних опытов свидетельствует, что в регионе системы нулевых, поверхностных и мелких безотвальных обработок почвы не могут быть приемлемы. Во всех случаях, по множеству критериев, они уступали системам, основанным на разноглубинной отвальной или безотвальной обработке почвы.

Наиболее целесообразным является их периодическое применение как способов в рамках дифференцированных (комбинированных) систем.

Научно обоснованной и экономически эффективной в Центрально-Черноземной зоне следует считать поверхностную и мелкую безотвальную обработки почвы под озимые культуры. Применение первой, в виде лущения стерни дисковыми лущильниками и боронами в один или два следа с последующим боронованием или прикатыванием, а второй путем обработки почвы противозерозионными культиваторами в агрегате с боронами или комбинированными агрегатами различных типов, обеспечивало в среднем за многие годы равный результат в сравнении с традиционной вспашкой или наилучший в засушливые летне-осенние периоды по продуктивности пшеницы и ржи, производительности труда, затратам горюче-смазочных материалов и в целом рентабельности производства (Иванов Н.Н. и др., 1975; Шевченко В.Е., Иванов В.Д., 1997; Черкасов Г.Н. и др., 2004).

Наилучшим местом их применения оказались непереуплотненные стерневые фоны в условиях ограниченного срока до посева озимых.

Примечателен в этом отношении полевой опыт, проведенный во ВНИПТИ рапса Липецкой области в 1990-1997 годах. Изучалась эффективность под озимую пшеницу поверхностной на глубину 6-8 см, мелкой безотвальной на глубину 10-12 см обработок, безотвальной и чизельной обработками на глубину 20-22 см в сопоставлении с традиционной вспашкой (Гулидова В.А., 1998).

Влагообеспеченность посевного слоя почвы по безотвальным обработкам почвы при посеве была выше на 5-6 мм, хотя по содержанию влаги в течение вегетации существенных различий не наблюдалось. Засоренность посевов озимой пшеницы по таким обработкам в начале вегетации колебалась в пределах экологического порога вредоносности (от 22 до 30 шт/м²), хотя по вспашке она составила 13-16 шт/м², а к уборке практически не различалась ввиду применения гербицидов.

В среднем за все годы сбор зерна по всем вариантам отличался незначительно, однако затраты на подготовку почвы по поверхностной и безотвальной обработкам существенно снижались (на 41-46 %).

В 2000-2003 годах в полевом опыте ВНИИЗиЗПЭ на типичном черноземе в звеньях севооборота «пар-яровая пшеница-ячмень» однократное применение поверхностной и средней безотвальной обработки почвы не приводило к снижению урожайности парозанимающих культур (однолетних трав, гречихи), хотя наблюдалось некоторое увеличение количества сорняков в посевах гречихи в сопоставлении со вспашкой.

Однако повторное их использование под яровую пшеницу увеличило ее засоренность на 22 % и снижало урожайность на 10-2 %, а трехкратное применение увеличивало засоренность ячменя на 28-79 % и снижало его урожайность на 10-2 %.

В аналогичном опыте, проведенном в 1998-1999 годах (Поветкин В.Е., 2001), однократное применение таких обработок под яровую пшеницу, гречиху и кукурузу на силос не оказывало в начале вегетации растений существенного влияния на содержание продуктивной влаги и нитратного азота в почве, размера листовой поверхности возделываемых растений и урожайность яровой пшеницы и гречихи.

Однако недобор урожая зеленой массы кукурузы составил, соответственно, 21 и 29 ц/га. По данным видам обработок, даже одноразовое применение их увеличивало засоренность посевов яровой пшеницы на 28 и 18 %, гречихи на 20 и 18 %, кукурузы на 14 и 19 %.

В целом, ввиду ограниченного срока использования, поверхностная обработка почвы в звене севооборота не вела к проявлению столь негативных результатов, как это обычно наблюдается при длительном использовании.

Несколько иного плана были получены результаты одногодичного использования различных способов основной обработки почвы под ячмень в 2008-2009 годах в производственных условиях фермерского хозяйства Зубкова С.И. Золотухинского района Курской области.

Из пяти способов основной обработки почвы под ячмень наилучшие результаты по урожайности обеспечила вспашка на глубину 20-22 см, близкие, но меньшие мелкая и средняя безотвальные обработки, наиболее же негативные – вариант без основной обработки с явной тенденцией увеличения засоренности посевов от вспашки и безотвальных обработок к поверхностной и нулевой (табл.2).

В целом, следует признать, что использование минимальных обработок почвы в регионе при соблюдении ряда условий вполне целесообразно. К числу таких условий относится применение преимущественно под зерновые культуры и не более двух лет подряд, вспашка или безотвальная обработка на среднюю глубину под предшествующую культуру, легкий или средний механический состав почвы, отсутствие переуплотнения, слабая засоренность полей сорняками, отсутствие большого количества растительных остатков. К дополнительным условиям, при частичном несоответствии первых является применение удобрений и гербицидов.

Под пропашные культуры, преимущественно подсолнечник и кукурузу, возможно применение мелкой безотвальной обработки, но с обязательным использованием удобрений и гербицидов.

Под сахарную свеклу во всех случаях преимущество остается за различными видами вспашки (глубокой, традиционной, по типу полупара).

2. Влияние различных способов основной обработки почвы на некоторые показатели формирования урожая ячменя

Способы основной обработки почвы	Засоренность посевов перед уборкой, шт/м ²						Урожайность, т/га		
	всего			в т.ч., многолетние					
	2008	2009	Средняя	2008	2009	Средняя	2008	2009	Средняя
Мелкая безотвальная на глубину 12-18 см	80	115	98	16	12	14	2,29	1,66	1,98
Средняя безотвальная на глубину 20-22 см	84	132	108	25	10	18	2,33	1,36	1,85
Вспашка на глубину 20-22 см	86	110	98	19	6	13	2,72	1,57	2,15
Поверхностная обработка	91	130	111	24	11	18	2,06	1,61	1,84
Без основной обработки	109	126	118	26	11	19	1,45	1,57	1,51

4. Результаты исследований по совершенствованию систем и способов обработки почвы в других регионах России

Изучению влияния различных систем и способов обработки почвы в севооборотах и под отдельные культуры особенно много посвящено работ в Поволжье, Уральском и Западно-Сибирском регионах, в меньших размерах в Нечерноземье и Северном Кавказе. Объясняется это, прежде всего, проявлением в первых регионах пыльных бурь, более жесткими условиями погоды, ограниченным возделыванием пропашных культур, наличием почв благоприятного гранулометрического состава. На ограниченность применения минимальных обработок почвы в Нечерноземье сказывалось, прежде всего, наличие дерново-подзолистых почв тяжелого гранулометрического состава, а на Северном Кавказе наличие в севооборотах пропашных культур: кукурузы на зерно, подсолнечника, сахарной свеклы.

Естественно, различие условий определило и специфичность действия отдельных систем и способов обработки почвы.

Обобщение данных многолетних полевых опытов по совершенствованию систем и способов обработки почвы в Центрально-Черноземной полосе (ВНИИЗиЗПЭ, Бел ГСХА, Бел НИИСХ, НИИСХ ЦЧП им.В.В. Докучаева) позволило прийти к выводу, что систематическое применение нулевых и

мелких безотвальных обработок почвы не имеет перспективы в зернопропашных севооборотах, а наиболее обоснованным является периодическое применение их на фоне разноглубинных отвальных или безотвальных обработок почвы. И действительно, комбинированные системы основной обработки почвы получили в настоящее время наибольшее обоснование, так как они вписываются в две, существующие концепции построения систем основной обработки почвы в севообороте:

- дифференцированного применения способов основной обработки почвы;
- целесообразности создания глубокого рыхлого корнеобитаемого слоя почвы как отвальными, так и безотвальными орудиями.

Убедительным доказательством этого могут служить и результаты многолетних опытов в Краснодарском НИИСХ им. Лукьяненко (Кильдюшкин В.М., 2005). В одном из них систематическое применение поверхностной на глубину 6-8 см и мелкой безотвальной обработки почвы на глубину 12-14 см в зернопропашном севообороте, с тремя полями озимой пшеницы, кукурузой на зерно и подсолнечником, приводило к увеличению плотности 0-20 см слое почвы на 0,07 и 0,04 г/см³, усилению засоренности посевов, даже при использовании гербицидов, в 1,7-1,4 раза и поражения зерновых корневыми гнилями на 14 % по сравнению с системой, основанной на глубокой отвальной обработке. Особенно показательными оказались результаты учета урожая культур (табл.3).

Систематические поверхностные и мелкая безотвальная системы обработки почвы привели к снижению урожайности зерна озимой пшеницы, соответственно, на 13,6 и 8,2 ц/га, кукурузы на 14,2 и 3,7 ц/га, семян подсолнечника на 4,3 и 3,2 ц/га в сравнении с глубокой вспашкой. Снижение носило характер, по-существу, прямой зависимости, если при средней глубине обработки почвы в севообороте на 7 см его продуктивность составляла 148,8; 13 см – 178,3; 26 см – 211,2 ц з.е. и , следовательно, углубление на каждый сантиметр в пределах 7-13 см обеспечивало прибавку 4,9 ц, а в пределах 13-26 см – 2,5 ц з.е..

Наиболее приемлемыми с почвозащитной, агрономической, экологической и энергетической точек зрения оказались комбинированные системы, включающие глубокие отвальные или безотвальные обработки под пропашные культуры с поверхностными и мелкими безотвальными под зерновые. В Нечерноземной зоне по данным М.М. Крючкова (2003) на серых лесных почвах систематическое применение поверхностной и нулевой систем обработок почвы в третьей ротации четырехпольного зернового севооборота увеличивало засоренность посевов в 3-4 раза, особенно нулевая, где число многолетних сорняков возросло в шесть раз по сравнению с постоянной разноглубинной вспашкой, а урожайность озимой пшеницы снизилась на 2,4–6,8 ц/га, ячменя – на 11,1–13,9 ц/га. Налицо проявилась тенденция усиления отрицательных аспектов этих систем обработок, особенно плотности почвы из ротации в ротацию. В тоже время кратковременное применение

минимальных обработок почвы под озимую пшеницу и рожь, ячмень не вело к снижению урожая этих культур.

**3. Урожайность культур по различным системам
основной обработки почвы зернопропашного севооборота
(т/га, в среднем за 1982-1988 гг., на удобренном фоне)**

Системы основной обработки почвы	К у л ь т у р ы				
	Кукуруза на зерно	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Подсол-нечник	Озимая пшеница
1. Бесменная вспашка на глубину 25-27 см	4,17	5,18	4,51	1,88	4,50
3. Бесменная поверхностная обработка на глубину 6-8 см	2,75	3,50	3,50	1,45	3,00
5. Бесменная безотвальная обработка на глубину 12-14 см	3,80	4,29	3,90	1,56	3,55
2. Комбинированная обработка 3 (вспашка-поверхностная обработка - чизельная обработка- вспашка –поверхностная обработка)	-	4,70	5,28	2,10	4,75
8. Комбинированная обработка (чизельная-поверхностная обработка-вспашка-чизельная, поверхностная обработки)	-	5,03	4,88	2,16	4,95

Результаты многолетних исследований (1978-2007 годы) по изучению минимализации обработки на дерново-подзолистых почвах Московской области показали, что применение таких способов возможно при строгом соблюдении элементов систем земледелия, комплексной химизации, интегрированной защите растений в течение не более трех лет подряд, так как при минимализации ухудшается фитосанитарное состояние посевов, угнетается микробиологическая деятельность, не устраняются эрозионные процессы (Баздырев Г.И., Заверткин И.А., 2008).

В зернотравяном севообороте: ячмень + травы, травы одного года пользования, озимая пшеница, овес применение безотвальных обработок (плоскорезной, поверхностной) за 30-летний период увеличило запасы гумуса в верхних слоях почвы на 10-15 %, число сорняков со 179 до 259 и 248 шт/м², что в десятки раз превышало экономические пороги вредности, способствовало дифференциации пахотного слоя по эффективному плодородию, существенно не сказалось на накоплении и сохранении влаги, плотности и пористости почвы, сокращало расходы энергии на 10-15 %, хотя даже при такой структуре севооборота не способствовало повышению его продуктивности.

Как указывалось выше, специфические почвенно-климатические, хозяйственные условия Поволжья, Уральского и Западно-Сибирского регионов по сравнению с Нечерноземьем, Центрально-Черноземным и Северо-

Кавказским регионами позволили существующим в них научно-исследовательским учреждениям несколько по иному рассматривать вопросы использования минимальных обработок почвы.

Так в монографии Казакова Г.И. (2008) «Обработка почвы в Среднем Поволжье», применительно к условиям лесостепной и степной зон, минимальные обработки почвы при систематическом их использовании приводили к увеличению плотности почвы от 0,1 до 0,19 г/см³, засоренности посевов однолетними и многолетними сорняками перед уборкой от 4 до 120% . Содержание влаги в почве после посева яровых уменьшалось на 19-25 мм, или же ее сохранялось на одном уровне с традиционной вспашкой, увеличивалось содержание гумуса как в 0-10, так и 10-20 см слоях почвы. Урожайность зерновых была на одном уровне с контролем или снижалась на 1,8-3,3 ц/га, урожайность пропашных на 13 - 33 %.

В Верхнем Поволжье на серых лесных почвах изучение вспашки и безотвальной обработки на глубину 20 и 30 см, мелкой отвальной и безотвальных обработок на глубину 12 см, поверхностной обработки на глубину 6-8 см и сочетания вспашки с мелкими обработками в звене севооборота: горох – рожь (яровая пшеница) – яровая пшеница (овес) в 1976-1980 годах показало, что мелкая безотвальная (плоскорезная) обработка обеспечивает одинаковую водопроницаемость почвы в сравнении с глубокой вспашкой, в большинстве случаев большие запасы продуктивной влаги в метровом слое, лучшую биологическую активность почвы (Аверьянов Г.Д. и др., 1984).

Они же обеспечивали близкие результаты в сопоставлении со вспашкой на глубину 20 см по урожайности культур. Поверхностная обработка дисковым луцильником в два следа на глубину 6-8 см приводила к снижению урожайности гороха на 16 %, озимой ржи на 2 %, яровой пшеницы на 6 %. На фоне без удобрений эти различия еще более возрастали. Наилучшие результаты дало сочетание глубокой вспашки под горох и мелкой плоскорезной обработки под рожь и яровую пшеницу. В результате исследователи пришли к выводу о необходимости чередования вспашки с плоскорезной обработкой.

Показательны в этом отношении данные многолетних полевых опытов Шадринской опытной станции Курганской области. Изучение в них эффективности систематической вспашки и безотвального рыхления на глубину 22-24 см, мелкой плоскорезной обработки на глубину 10-12 см, поверхностной обработки на глубину 6-8 см, минимально-нулевой обработки и сочетание обработок в системе зернопарового севооборота показало, что запасы продуктивной влаги в почве мало зависят от системы обработки почвы, преимущество минимализации проявлялось только в засушливые годы, поверхностная и минимально-нулевая обработки почвы ведут к усилению засоренности посевов как на фоне удобрений, так и без них, особенно по мере удаления культуры от пара, повышению содержания гумуса, как в 0-10, так и в 10-20 см слоях, способствуют защите почв от эрозии. Однако по влиянию на урожайность культур в центральной зоне Курганской области лидировала вспашка, в засушливые годы минимальная обработка, в южной и восточной

зонах существенных различий между вспашками и минимальными обработками почвы не наблюдалось (Показаньев С.А. и др., 2005).

Результаты исследований и их экономический анализ позволил авторам статьи сделать вывод о возможности при определенных условиях, замены вспашки минимальными обработками и даже прямым посевом по необработанной с осени почве.

Довольно детально исследовали этот вопрос на черноземах в Западно-Сибирском регионе Власенко А.Н. (1995) и Юшкевич Л.В. (2002). Характерной особенностью, проведенных Власенко А.Н. опытов явилось то, что исследования по изучению различных систем основной обработки почвы (вспашки, минимальной, мелкой безотвальной и нулевой обработок) проводились на гербицидном фоне только в одной ротации пятипольного зернопарового севооборота. Естественно, в таком случае все негативные аспекты минимальных обработок должны были бы проявиться в наименьшей степени. Однако, как следует из приведенных им данных, даже в таком случае этого не отмечалось (табл. 4).

4. Некоторые показатели изменения свойств почвы, фитосанитарного состояния посевов и урожайности культур по различным системам основной обработки почвы под четвертой культурой после пара

Системы основной обработки почвы	Плотность пахотного (0-30 см) слоя, г/см ³		Засоренность посевов сорняками, шт./м ²		Урожайность пшеницы, т/га	
	южная лесостепь	северная лесостепь	южная лесостепь	северная лесостепь	южная лесостепь	северная лесостепь
Отвальная разноглубинная	1,02	1,12	5,4	12,5	1,61	2,45
Безотвальная глубокая	1,04	1,13	11,9	15,6	1,84	2,32
Мелкая безотвальная (минимальная)	1,02	1,13	16,8	21,8	1,73	2,17
Нулевая	1,06	1,16	18,9	29,8	1,60	1,97

К концу первой ротации севооборота плотность пахотного слоя почвы под яровой пшеницей по мелкой безотвальной и нулевой обработкам в сопоставлении с разноглубинной вспашкой возрастала, соответственно, на 0,5 и 3,7 %, засоренность посевов сорняками на 216 и 272 %, а урожайность последней культуры была ниже на 4,0 и 12,0 %.

В тоже время в долгосрочном опыте отдела земледелия Сиб НИИСХ в севообороте: пар – пшеница – кукуруза – пшеница – ячмень, изучение 6 систем обработки почвы, т.е. вспашки, мелкой плоскорезной, нулевой и трех видов комбинированных обработок (Юшкевич Л.В.) показало, что систематическое применение чисто минимальных обработок (мелкая плоскорезная, нулевая) не всегда обеспечивает хорошие результаты. Как правило, их применение увеличивает содержание гумуса в 0-20 см слое почвы, способствует ее водопроницаемости и водостойчивости агрегатов, снижает эродируемость

поля на 24,6 % и надежно защищает почву от ветровой эрозии. Однако, при этом возрастает засоренность посевов, пораженность зерновых корневыми гнилями, а урожайность зерновых повышается только в годы, когда весной в верхнем 0-50 см слое почвы запасы продуктивной влаги менее 25 мм.

Интенсификация таких обработок путем внесения удобрений и гербицидов сглаживает их нежелательные воздействия на агрофитоценозы.

Из всех же изученных систем исследователь, в конечном итоге, отдал предпочтение комбинированным системам.

Перечисленные результаты многолетних полевых опытов убедительно свидетельствуют, что минимальные обработки почвы во всех разновидностях (нулевая, поверхностная, мелкая отвальная и безотвальная) не могут являться системами обработки в севооборотах любого региона России. Они могут быть применены как способы основной обработки почвы под отдельные культуры в рамках отвальных или безотвальных разноглубинных систем обработок.

И, действительно, при периодическом использовании под отдельные культуры в стране имеется обширный экспериментальный материал их высокой эффективности с экономической, энергетической и почвозащитной позиции.

Кратковременное (1-2 года) применение минимальных способов обработки почвы, особенно при использовании гербицидов и удобрений, не ведет к существенному увеличению засоренности посевов и снижению урожайности зерновых культур.

Такие данные получены в Башкирском НИИСХ (Сираев М., 1999), Оренбургском ГАУ (Кислов А.В., 2004), Алтайском НИИСХ (Мальцев М.И. и др., 2006), Ульяновском НИИСХ (Якунин А.И., 2006).

Буянкин Н.И., Слесарев В.Н., Красноперов А.Г. (2004) в статье «Ключевые показатели минимализации обработки», на примере Сибири показали, что переход на технологии с элементами минимальной обработки почвы требует осторожности из-за засоренности агроценозов, поэтому минимальная возможна под первую и вторую культуру после черного и занятого пара без гербицидов. При наличии удобрений, гербицидов и других средств защиты растений возможности ее могут быть существенно расширены.

Кислов А.В. и др. (2004) на основании данных многолетнего опыта в Оренбургской области показали, что применение в течение 6 лет мелкой обработки почвы из 11 лет изучения следует считать крайним пределом минимализации. Оставшиеся поля без обработки (нулевой) в течение 3-х лет снизили урожайность зерновых на 1,0 ц/га, а в течение шести лет на 1,9 ц/га. В более поздних исследованиях (2006) он же уточнил, что ресурсосберегающие системы обработки почвы способствовали увеличению количества и массы многолетних корнеотпрысковых сорняков в среднем за две ротации в замыкающем поле севооборота в 2,8-8,5 раза, а в варианте с четырьмя нулевыми обработками в 14,8 раза. При применении нулевой обработки необходимость использования гербицидов возникала уже на второй культуре после пара.

Все это позволило Пупонину А.И., Кирюшину Б.Д. еще в 1989 году прийти к выводу, что наибольшая эффективность прямого посева отмечается в первый год применения, особенно на почвах, где предварительно применяли глубокое отвальное рыхление, и минимальную обработку надо рассматривать как часть общей системы в севообороте.

Приведенный материал в данной работе показывает обоснованность вывода и для современных условий ведения земледелия в стране.

Специалистами Самарского ГСХА и Самарского НИИ сельского хозяйства (Казаков Г.И., Корчагин В.А., 2009) обоснованы условия, определяющие выбор способа обработки почвы, которые не противоречат положениям, изложенным в трудах ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, особенно в плане равного права на их существования, обязательного учета сложившихся условий конкретного поля, необходимости дифференциации увязки с наличием удобрений и гербицидов и т.д.

Показательно в этом отношении сопоставление положительных и отрицательных аспектов систем минимальной обработки почвы применительно к различным регионам России в сравнении с постоянной вспашкой (табл.5).

Как следует из предыдущих данных и таблицы 5, к положительным аспектам минимализации надо отнести:

- существенную экономию затрат труда и горюче-смазочных материалов при выращивании зерновых культур, а отсюда и повышение рентабельности производства этих культур;

- явную целесообразность широкого использования в технологиях возделывания озимых культур при засушливых условиях погоды в летне-осенний период и ограниченности сроков проведения работ от уборки предшественника до посева;

- применимость использования под яровые зерновые и однолетние травы во многих регионах при наличии соответствующих условий.

К числу явных недостатков:

- увеличение засоренности посевов, поражение зерновых болезнями, возрастание плотности почвы, обеднение верхних слоев почвы азотом;

- ограниченность применения под различные виды сельскохозяйственных культур;

- необходимость учета условий использования, а именно предшествующей обработки почвы, гранулометрического состава почвы, засоренности ее сорняками, типа севооборота, вида вносимого удобрения и т.д.;

- целесообразность применения в комплексе с минеральными удобрениями и пестицидами;

- увеличение степени риска при возделывании культур без учета сложившихся условий на конкретном поле, участке.

5. Положительные и отрицательные аспекты минимализации основной обработки почвы применительно к различным регионам России в условиях длительного применения в сопоставлении со вспашкой

Показатели	Нечерноземье		ЦЧО		Поволжье
	Крючков М.М., 2003, поверхностная, нулевая обработки	Баздырев Г.И., 2008, поверхностная обработка	Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., 2006, мелкая безотвальная, поверхностная, нулевая обработки	Чеботарев О.П. 2004, мелкая безотвальная обработка	Казаков Г.И., 2008, поверхностная, нулевая обработки
Расход ГСМ	○	○	○	○	-
Затраты труда	○	○	○	○	-
Урожайность зерновых	●	●	●	●	● ●
Урожайность пропашных	-	-	●	●	●
Плотность почвы	●	●	●	●	●
Содержание гумуса в 0-10 см слое почвы	○	●	○	-	○
Содержание гумуса в 10-20 см слое почвы	●	●	●	-	○
Сток талых вод	-	-	●	-	-
Смыв почвы	-	-	○	-	-
Содержание влаги в почве	-	●	●	●	● ●
Засоренность посевов однолетниками	●	●	●	●	●
Засоренность посевов многолетниками	●	●	●	-	●
Поражаемость зерновых болезнями	●	-	●	-	-
Рентабельность производства	-	○	○	○	-

Продолжение табл.5

Показатели	Северный Кавказ	Уральский регион		Западно-Сибирский регион	
	Кильдюшкин А.М., 2005, поверхностная обработка	Показаньев С.А. и др., 2005, минимальная обработка	Бакиров Ф.Г., 2006, поверхностная, нулевая обработки	Власенко А.Н., 1995, мелкая безотвальная, нулевая обработки	Юшкевич Л.В., 2002, мелкая плоскорезная, нулевая обработки
Расход ГСМ	○	-	○	-	-
Затраты труда	○	○	○	-	-
Урожайность зерновых	●	●●	○●	●●	●●
Урожайность пропашных	●	-	-	-	-
Плотность почвы	●	-	●	●	○
Содержание гумуса в 0-10 см слое почвы	●	○	○	-	○
Содержание гумуса в 10-20 см слое почвы	●	○	●	-	○
Сток талых вод	●	-	-	-	-
Смыв почвы	●	-	-	-	-
Содержание влаги в почве	●	●	●●	●	●●
Засоренность посевов однолетниками	●	●	●	●	●
Засоренность посевов многолетниками	●	●	●	-	-
Пораженность зерновых болезнями	●	-	-	●	●
Рентабельность производства	●	○	-	-	○

Примечание: Характер влияния ○ - позитивный (положительный); ● - нейтральный; ● - негативный (отрицательный); - неопределенный.

5. Условия эффективного применения основных способов обработки почвы

5.1. Общие условия эффективного применения основных способов обработки почвы

Существующая противоречивость в оценке эффективности различных способов основной обработки почвы, наблюдающаяся при анализе литературных источников, свидетельствует, что их использование не может быть повсеместным, независимым от типа почвы, предшественников, условий погоды, возделываемой культуры, характера предыдущей обработки почвы, наличия той или иной техники, удобрений, гербицидов и т.д.

Обобщение этих условий в общем плане позволило специалистам ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии представить их в виде следующей схемы (табл. 6).

6. Условия наиболее эффективного применения способов основной обработки почвы

Способы основной обработки почвы	Культура	Условия эффективного применения
1	2	3
Нулевая обработка	Озимая пшеница, рожь	Засушливые условия погоды. Легкий и средний гранулометрический состав почвы. Предшественник – зернобобовые, однолетние травы, гречиха. Вспашка под предшественник, слабая засоренность поля многолетними сорняками. Отсутствие на поле растительных остатков. Срок до посева менее 15 дней.
	Ячмень, овес, однолетние травы	Легкий и средний гранулометрический состав почвы. Вспашка под предшественник. Слабая засоренность поля многолетними и однолетними сорняками. Отсутствие на поле растительных остатков. Обработка гербицидами.
Поверхностная обработка	Озимая пшеница, рожь	Засушливые условия погоды. Равновесная плотность сложения пахотного слоя. Слабая засоренность поля многолетними сорняками(менее 1 шт. на кв.м.).Отсутствие на поле растительных остатков. Срок до посева менее 30 дней.
	Яровые зерновые, однолетние травы	Зернопаровые и зернопаропропашные севообороты. Вспашка под предшественник. Слабая засоренность поля сорняками (менее 0,5 многолетников и менее 100 однолетников на кв.м.). Отсутствие растительных остатков на полях. Обработка посевов гербицидами.

1	2	3
Мелкая отвальная и безотвальная обработка почвы	Озимые, яровые зерновые, однолетние травы	Равновесная плотность сложения пахотного слоя почвы. Слабая или средняя засоренность поля сорняками. Отсутствие растительных остатков на полях. Срок до посева озимых не менее 30 дней.
	Гречиха	Тоже + отсроченный посев
	Кукуруза, подсолнечник	Средняя или глубокая вспашка под предшественник. Слабая и средняя засоренность полей. Отсутствие растительных остатков на полях. При необходимости обработка посевов гербицидами
Средняя безотвальная обработка	Яровые зерновые, однолетние травы	Наличие выраженных эрозионных процессов. Легкий и средний гранулометрический состав почвы. Зернопаровые и зернопаропропашные севообороты. Слабая и средняя засоренность поля сорняками. При необходимости обработка посевов гербицидами.
	Кукуруза, подсолнечник	Наличие выраженных эрозионных процессов. Малая мощность гумусового горизонта. Зернопаропропашные севообороты. При необходимости обработка посевов гербицидами.
Средняя отвальная обработка	Озимая пшеница, рожь	Влажные условия погоды в период подготовки почвы. Срок до посева озимых не менее 30 дней. Одновременное прикатывание.
	Яровые зерновые, однолетние травы, зернобобовые, крупяные, кукуруза, подсолнечник	Отсутствие эрозионных процессов. Тяжелый гранулометрический состав почвы. Сильная засоренность посевов. Внесение органических удобрений. Нулевая или поверхностная обработка под предшественник.
Глубокая отвальная обработка почвы (традиционная)	Сахарная свекла, картофель, кукуруза, подсолнечник	Отсутствие эрозионных процессов. Тяжелый гранулометрический состав почвы. Слабая или средняя степень засоренности полей. Нулевая или поверхностная обработка под предшественник.
Глубокая отвальная обработка почвы (улучшенная или по типу полупара)	-"	Отсутствие эрозионных процессов. Тяжелый гранулометрический состав почвы. Сильная степень засоренности поля. Нулевая или поверхностная обработка почвы под предшественник. Продолжительность от уборки предшественника до замерзания почвы не менее 70 дней.
Глубокая безотвальная обработка почвы	-"	Наличие выраженных эрозионных процессов. Малая мощность гумусового горизонта. Легкий или средний гранулометрический состав почвы. Обработка посевов гербицидами.

Такое обобщение показывает:

- существующее разнообразие экологических ниш обуславливает необходимость применения разных способов основной обработки почвы под сельскохозяйственные культуры и, следовательно, равное право на существование последних;

- чем менее энергоемким является способ обработки почвы, тем больше условий различного плана ограничивают его применение. По существу, минимальные обработки почвы не могут являться универсальными способами;

- эффективность минимальных обработок почвы выше на лучших по агрофизическим свойствам почвах, слабой засоренности их сорняками и растительными остатками, применении гербицидов и удобрений, засушливых условий погоды и ограниченном сроке использования.

Отсюда попытки исключить из практики использования тот или иной способ не могут быть научно обоснованы.

5.2. Эффективность применения удобрений при основных способах обработки почвы

Система основной обработки почвы определяется множеством факторов как природных, так и антропогенных. Одним из основных природных факторов выступает рельеф, который является первопричиной пространственной неоднородности почв. Эффективность основной обработки почвы усиливается, когда обработка осуществляется в определенной системе, связанной с применением сбалансированных доз минеральных удобрений.

В многолетних исследованиях, проведенных в ГНУ ВНИИЗиЗПЭ в полевом многофакторном опыте на склонах северной, южной экспозиций и водораздельном плато на черноземе типичном неэродированном и слабоэродированном, оценено влияние различных способов основной обработки почвы (безотвальная обработка на глубину 20-22 см; отвальная вспашка – 20-22 см; поверхностная обработка на глубину 8-10 см, 10-12 см; минимальная (нулевая) обработка) и удобрений на продуктивность различных севооборотов и урожайность и качество зерновых культур.

Доля участия органических и минеральных удобрений в варьировании продуктивности севооборотов на различных экспозициях склонов в зависимости от обработки почвы показана в таблице 7. Установлено, что на склоне северной экспозиции на фоне плоскорезной обработки почв в зернопаропропашном (ЗПП) и зернотравянопропашном (ЗТП) севооборотах по сравнению со вспашкой, на водораздельном плато в ЗПП – на фоне вспашки, на южном склоне в ЗПП и зернотравяном (ЗТ) – на фоне вспашки возрастает влияние внесения навоза в варьировании продуктивности севооборотов.

Таким образом, независимо от структуры севооборотов минеральные и органические удобрения были наиболее эффективными на склоне северной экспозиции. Зернотравянопропашной севооборот показал наибольшую восприимчивость к удобрениям на всех элементах рельефа. Включение в севооборот

поля черного пара в целом понижало окупаемость урожаем органических и минеральных удобрений преимущественно на склоне южной экспозиции.

Насыщение севооборота многолетними травами (до 50%) резко сокращало окупаемость органических удобрений на склоне южной ориентации и

7. Доля участия органических и минеральных удобрений в варьирование продуктивности севооборотов на различных экспозициях склонов в зависимости от обработки почвы (%)

Севооборот	Обработка почвы	Доля влияния факторов %		
		Навоз	НРК	Взаимодействие
<i>Склон северной экспозиции</i>				
ЗПП	Вспашка	4,4	88,0	3,8
	Плоскорезная	17,0	67,6	7,7
	Чизельная	5,2	90,1	2,4
ЗТП	Вспашка	6,6	92,9	0,3
	Плоскорезная	24,2	71,4	2,2
	Чизельная	6,6	89,6	1,9
ЗТ	Вспашка	32,3	61,2	3,2
	Плоскорезная	16,3	78,9	2,4
	Чизельная	26,0	72,0	1,0
<i>Водораздельное плато</i>				
ЗПП	Вспашка	44,5	43,5	6,0
	Плоскорезная	7,7	56,5	17,9
	Чизельная	10,1	80,5	4,7
ЗТП	Вспашка	10,1	70,5	9,7
ЗТ	Вспашка	1,6	95,2	1,6
<i>Склон южной экспозиции</i>				
ЗПП	Вспашка	27,8	65,7	3,3
	Плоскорезная	9,6	87,5	1,4
	Чизельная	11,9	76,7	5,7
ЗТП	Вспашка	7,7	85,4	3,5
ЗТ	Вспашка	29,8	43,6	13,3

повышало их роль на склоне северной экспозиции. Плоскорезная обработка понижала по сравнению со вспашкой окупаемость минеральных удобрений на склоне теневой экспозиции и повышала роль органических удобрений.

Изменение плодородия почв при систематическом применении минеральных удобрений происходит неоднозначно и закономерно в зависимости от местоположения в рельефе, типа севооборота и способа обработки почвы (табл.8).

8. Накопление подвижных форм фосфора и калия в черноземе типичном при систематическом применении минеральных удобрений

Факторы	Прирост, мг/100г от 100 кг д.в. удобрений	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Местоположение в рельефе		
Склон северной экспозиции	1,1	0,4
Водораздельное плато	1,5	0,3
Склон южной экспозиции	2,5	1,0
Типы севооборотов		
Зернопаропропашной	2,2	1,2
Зернотравянопропашной	1,9	1,0
Зернотравяной	0,8	0,7
Способы обработки почвы		
Вспашка	1,3	0,6
Плоскорезная обработка	1,4	0,3
Чизельная обработка	2,2	1,1

Своевременная и качественная обработка почвы – одно из важнейших условий получения высоких и устойчивых урожаев ячменя. Выполнение всех приемов обработки почвы способствует повышению ее плодородия, обеспечивает регулирование водного, воздушного и пищевого режимов и создает оптимальные условия для развития корневой системы.

В последние годы на склоновых землях более широкое применение находят технологии возделывания сельскохозяйственных культур, основанные на почвозащитных обработках с сохранением на поверхности почвы не менее 30% растительных остатков. В нашей стране безотвальная обработка почвы используется примерно на 30 % посевных площадей, и в ближайшее время ее планируется довести до 50 % (Каштанов, Явтушенко, 1997).

Изучение способа обработки почвы на урожайность зерна ячменя показало, что в среднем за 6 ротаций севооборотов данный показатель изменялся незначительно. Эта закономерность прослеживается во всех севооборотах и на всех склонах. В большей степени на изменение урожайности повлиял состав культур в севообороте, экспозиция склона и внесение удобрений (Пыхтин, 1992; Дериглазова, 2006).

Выявлено, что в зернопаропропашном севообороте на склоне северной экспозиции во все исследуемые годы наибольшая урожайность ячменя формировалась при отвальной обработке почвы и колебалась в зависимости от погодных условий от 20,9 до 44,7 ц/га. Среднее значение по всем ротациям севооборота составило 34,4 ц/га. По плоскорезной и чизельной обработке почвы урожайность была практически на одном уровне, хотя некоторое предпочтение было за поверхностной обработкой.

На водораздельном плато урожайность по сравнению со склонами была самой высокой, максимальное ее значение было в 1990 году – 46,7 ц/га. На данном участке, так же как и на склонах, вспашка оказалась наиболее эффективным приемом обработки почвы для получения высокого урожая ячменя. Различия урожайности при плоскорезной и чизельной обработке почвы было несущественным и в среднем составляло 0,8 ц/га, что в пределах ошибки опыта, хотя по отдельным годам наблюдаются значительные колебания в пользу то одного, то другого способа обработки. На южном склоне разница между различными обработками почвы сглаживается, хотя преимущество всё равно остается за отвальной обработкой.

9. Урожайность зерна ячменя на склоне северной экспозиции (МФПО)

Способ обработки почвы	Урожайность, т/га						
	1986	1990	1994	1998	2002	2006	ср.
Зернопаропропашной севооборот							
Вспашка	3,75	4,47	3,63	2,09	3,19	3,54	3,44
Плоскорезная	3,35	4,09	2,94	1,79	3,18	2,41	2,96
Чизельная	3,42	4,12	3,06	2,13	3,37	3,15	3,21
Зернотравянопропашной севооборот							
Вспашка	3,47	4,37	3,47	1,79	3,40	3,09	3,26
Плоскорезная	3,21	3,92	3,37		2,88	2,25	3,12
Чизельная	3,16	3,72	3,13	1,86	2,72	2,42	2,82
Зернотравяной севооборот							
Вспашка	3,09	2,88	31,3	17,7	21,0	2,42	2,56
Плоскорезная	2,91	3,33	28,1	19,1	19,8	1,90	2,47
Чизельная	3,36	2,92	33,6	12,6	15,6	1,26	2,28
НСР ₀₅	0,09	0,07	0,11	0,18	0,14	0,1	0,11

Согласно данным таблицы 9 следует, что независимо от способа обработки почвы, наибольшая урожайность была получена в зернопаропропашном севообороте. В зернотравянопропашном севообороте по сравнению с ним в среднем урожайность зерна была ниже на 1,3 ц/га, а в зернотравяном – на 7,6 ц/га. При рассмотрении показателей качества зерна ячменя в зернопаропропашном севообороте (табл.10) можно отметить, что натура зерна, масса 1000 зерен и содержание белка и азота в зерне на северном и южных склонах достоверно увеличивались при внесении минеральных удобрений. Увеличение натуры зерна при внесении удобрений составило 21 г/л на северном склоне и 12 г/л – на южном.

10. Изменение показателей качества зерна ячменя в зависимости от способа обработки почвы, севооборота и внесения удобрений

Севооборот	Способ обработки почвы	Минеральные удобрения	Показатели						
			Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Крупность, %	Энергия прорастания, %	Белок, %	N, %	P ₂ O ₅ , %
Северный склон									
Зернопаропропашной	Вспаха	0	618	45,8	83	96	8,5	1,49	0,75
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	619	45,1	76	96	9,8	1,72	0,78
	Плоскорезная	0	604	44,3	79	98	8,6	1,51	0,73
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	615	46,6	80	96	9,1	1,60	0,72
Зерно-травяно-пропашной	Вспаха	0	602	44,0	78	96	8,4	1,48	0,74
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	614	45,9	78	98	9,7	1,77	0,77
	Плоскорезная	0	611	45,0	79	98	8,8	1,54	0,76
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	609	45,2	78	97	9,9	1,73	0,78
Водораздельное плато									
Зернопаропропашной	Вспаха	0	637	45,7	82	98	9,0	1,58	0,78
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	632	44,5	74	98	10,0	1,76	0,80
	Плоскорезная	0	634	45,8	82	98	9,0	1,58	0,78
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	631	45,8	78	98	9,6	1,68	0,80
Зерно-травяно-пропашной	Вспаха	0	623	45,3	78	97	9,1	1,60	0,80
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	629	45,2	80	98	9,6	1,68	0,80
Южный склон									
Зернопаропропашной	Вспаха	0	615	45,0	78	98	9,2	1,61	0,80
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	610	45,2	77	98	9,9	1,74	0,81
	Плоскорезная	0	611	44,4	80	97	8,6	1,50	0,77
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	623	44,5	78	98	10,1	1,78	0,80
Зерно-травяно-пропашной	Вспаха	0	620	44,6	80	98	9,0	1,58	0,81
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	629	45,2	82	98	9,4	1,75	0,80
НСР ₀₅			4	1,1	3	1	1,4	0,08	0,03

Наилучшие показатели качества зерна ячменя были получены на водораздельном плато, натура зерна здесь достигала 637 г/л, содержание азота в зерне – 1,76 %, а фосфора 0,80%. Содержание азота в зерне ячменя на данных

вариантах опыта несколько увеличивалось при отвальной обработке почвы, но наибольшие прибавки отмечались при внесении минеральных удобрений.

В зернотравянопропашном севообороте плоскорезная обработка почвы исследовалась только на северном склоне. Без применения удобрений изменение вспашки на плоскорезную обработку почвы привело к увеличению всех исследуемых показателей качества зерна ячменя. Так масса 1000 зерен с 44,0 г. возросла до 45,0 г., содержание белка увеличилось на 0,4%, а содержание фосфора на 0,02%. На водораздельном участке показатели качества зерна в этом севообороте были близкими с показателями качества в зернопаропропашном севообороте, единственное – натура немного снижалась. На южном склоне преимущество было за зернотравянопропашном севооборотом, где все показатели качества были выше.

Дисперсионный анализ данных показал, что натура зерна достоверно изменялась от взаимодействия способа обработки почвы с местоположением посевов, а масса 1000 зерен и содержание белка, азота и фосфора изменялись главным образом от применения минеральных удобрений.

В целом установлено, что способ основной обработки почвы является менее значимым в повышении урожайности и качества зерна ячменя, по сравнению с другими факторами.

Изучение влияния способа основной обработки на урожайность зерна озимой пшеницы показало, что в среднем за шесть ротаций севооборота, данный показатель от вида обработки также изменялся незначительно. Это характерно для всех исследованных элементов рельефа (табл. 11).

На всех изучаемых элементах рельефа существенных различий показателей качества зерна озимой пшеницы, как при отвальной, так и при безотвальной обработке на глубину 20-22 см не наблюдается (табл. 12). Однако на склоне северной экспозиции при переходе на нулевую (минимальную) обработку почвы отмечается снижение содержания в зерне клейковины и белка, а также стекловидности зерна. Так, по сравнению с отвальной вспашкой содержание клейковины в зерне пшеницы возделываемой на фоне нулевой обработки снизилось на 1,8%, белка на 0,3%, а стекловидность уменьшилась на 19%.

На водораздельном плато применение поверхностной обработки снижало содержание клейковины в зерне на 0,9%, белка на 0,5% по сравнению с отвальной вспашкой. Дальнейшая минимализация обработки почвы (нулевая обработка) привела к еще большему ухудшению качества зерна. Содержание клейковины снизилось на 2,4%, белка на 1,4%, стекловидность на 14%. На склоне юной экспозиции поверхностная обработка почвы уступала отвальной вспашке по степени влияния на содержание клейковины и белка в зерне. Количество клейковины при применении поверхностной обработки снижалось на 1,4%, белка на 0,6% по сравнению с отвальной вспашкой. Изучение действия минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы показало, что на всех элементах рельефа внесение удобрений в дозах $N_{20}P_{40}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{80}$

11. Влияние способа основной обработки почвы и минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы

Экспозиция склона	Способ основной обработки почвы	Минеральные удобрения	Урожайность, ц/га	Клейковина, %	Прирост ± от удобрений	
					урожайности	клейковины
Северный склон	Безотвальная обработка, 20-22 см	без удобрений	31,7	24,6		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	34,6	24,8	+2,9	+0,2
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	36,6	26,5	+4,9	+1,9
	Отвальная вспашка, 20-22 см	без удобрений	35,1	24,9		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	38,4	26,0	+3,3	+1,1
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	39,1	28,7	+4,0	+3,8
	Поверхностная обработка 8-10 см	без удобрений	31,2	24,4		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	33,4	24,4	+2,2	0
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	35,6	25,9	+4,4	+1,5
	Нулевая (минимальная) обработка	без удобрений	31,8	23,1		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	35,0	23,8	+3,2	+0,7
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	36,7	26,1	+4,9	+3,0
Водораздельное плато	Безотвальная обработка, 20-22 см	без удобрений	32,7	26,1		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	34,3	25,9	+1,6	-0,2
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	34,7	27,2	+2,0	+1,1
	Отвальная вспашка, 20-22 см	без удобрений	30,4	26,4		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	33,7	25,6	+3,3	-0,8
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	34,5	29,4	+4,1	+3,0
	Поверхностная обработка 8-10 см	без удобрений	31,9	25,5		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	31,8	25,5	-0,1	0
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	33,1	26,7	+1,2	+1,2
	Нулевая (минимальная) обработка	без удобрений	34,3	24,0		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	34,4	25,5	+0,1	+1,5
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	34,9	26,0	+0,6	+2,0
Южный склон	Безотвальная обработка, 20-22 см	без удобрений	35,2	24,8		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	35,7	24,6	+0,5	-0,2
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	36,6	25,7	+1,4	+1,1
	Отвальная вспашка, 20-22 см	без удобрений	36,0	25,4		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	36,6	26,6	+0,6	+1,2
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	37,3	28,6	+1,3	+3,2
	Поверхностная обработка 8-10 см	без удобрений	36,9	24,0		
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	36,9	25,1	0	+1,1
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	36,9	26,2	0	+2,2

повышало урожайность зерна незначительно. В среднем за пять ротаций севооборотов самая большая прибавка составляла 4,9 ц/га.

Минеральные удобрения помимо воздействия на урожайность изменяли качественные показатели зерна озимой пшеницы. Направленность их действия

в зависимости от местоположения в рельефе и способа основной обработки почвы была неоднозначной.

Так на склоне северной экспозиции удобрения в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ изменяли содержание клейковины и белка незначительно. Наиболее эффективной данная доза была на фоне отвальной вспашки, прирост клейковины здесь составил 1,1%. Увеличение нормы удобрений в два раза $N_{40}P_{80}K_{80}$ позволило получить больший прирост содержания клейковины и белка в зерне. Внесение двойной дозы удобрений под отвальную вспашку обеспечило увеличение содержания клейковины на 3,8%, а при нулевой обработке – на 3,0%. На фоне безотвальной и поверхностной обработок эффективность удобрений снижалась в два раза.

На водораздельном плато, как и на северном склоне, эффективность одинарной дозы удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$ была низкой. Двойная доза удобрений в $N_{40}P_{80}K_{80}$ обеспечила больший прирост содержания клейковины в зерне. Как и на северном склоне применение двойной дозы удобрений под отвальную вспашку обеспечило наибольший прирост клейковины - 3,0%, под нулевую обработку – 2,0%. На фоне безотвальной и поверхностной обработок эффективность этой дозы была ниже и прибавка составила 1,1% и 1,2% соответственно.

На склоне южной экспозиции, как и остальных элементах рельефа, наиболее эффективной оказалась двойная доза удобрений $N_{40}P_{80}K_{80}$. На этом склоне наиболее высокий прирост клейковины 3,2% наблюдался на фоне отвальной вспашки. Несколько меньший эффект отмечен на фоне поверхностной обработки. Содержание клейковины здесь повысилось на 2,2%, а наименьший эффект от удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ отмечен на фоне безотвальной обработки – 1,1%.

Таким образом, можно отметить, что наибольший эффект от минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ наблюдается на полярных склонах. Это естественно, так как эродированные склоны северной и южной экспозиции значительно уступают по уровню запасов элементов минерального питания водораздельному плато и отзывчивость озимой пшеницы на дополнительное их внесение в виде минеральных удобрений здесь выше. На склоне северной экспозиции прирост урожайности зерна при внесении удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ был наибольшим из всех изучаемых элементов рельефа. Он был примерно одинаков по всем способам обработки и составил 4,0-4,9 ц/га. Также на этом склоне отмечен наибольший прирост клейковины в зерне, особенно на фоне отвальной вспашки и нулевой обработки. Поэтому при выборе способа основной обработки почвы под озимые зерновые в условиях расчлененного рельефа необходимо ориентироваться на его противоэрозионную эффективность и степень влияния на величину урожая и качества зерна.

6. Усовершенствованные и новые приемы применения удобрений на основе оценки обеспеченности почв и сельскохозяйственных культур макро- и микроэлементами

Развитие сельскохозяйственного производства с его многообразием форм собственности и направленности использования пашни диктует необходимость системного подхода к управлению режимами почвенного плодородия. В общем

балансе питания сельскохозяйственных культур важны как количественные показатели почвенного плодородия, так и качественные характеристики. Во многом это касается обеспеченности почв и растений микроэлементами, так как для макроэлементов эти вопросы изучаются довольно давно и достаточно успешно.

В результате проведенных комплексных исследований в условиях ЦЧЗ установлено, что как исходное содержание в почве микроэлементов, так и динамика их содержания, а также поступление в растения зависит от многих факторов: природных – типа почвы, гранулометрического состава, экспозиции склонов; агротехнических – типа севооборота, степени удобренности, способа основной обработки почвы, мелиоративных приемов.

Содержание подвижных форм микроэлементов в черноземе типичном исследованных территорий различается в зависимости от гранулометрического состава: для таких элементов как медь, цинк, марганец и молибден среднее содержание выше в тяжелосуглинистых черноземах, а водорастворимого бора может быть в 2,5 раза больше в среднесуглинистых. При этом чернозем среднесуглинистый относится по содержанию таких микроэлементов как Cu, Zn, Mn к низкообеспеченным, по содержанию бора к высокообеспеченным. Чернозем тяжелосуглинистый относится по содержанию Cu к низкообеспеченным, по содержанию Zn, Mn, B – к среднеобеспеченным.

В микроделяночных опытах на черноземе типичном тяжелосуглинистом Черемисиновского района Курской области разрабатывались наиболее рациональные приемы некорневого внесения удобрений на основе диагностики минерального питания растений в период вегетации. Установлено влияние отдельных микроэлементов при их некорневом применении на продуктивность и качество озимой пшеницы (Московская 39). Эффективность отдельных микроэлементов, соответствующих по дозе содержанию их в 3 кг/га «Акварина», зависит от фазы применения (кущение или трубкование): наибольшую эффективность в период кущения показало применение бора (0,8 т/га), а также хелатов железа, меди (табл.12), в период трубкования наиболее эффективным было применение хелатов железа, меди и марганца.

Отмечено увеличение содержания клейковины от изучаемых микроэлементов на 3,9 – 5,0 %, причем по сравнению с микроудобрениями, прибавка от мочевины была наименьшей (0,4%). Качество клейковины (ИДК) в условиях 2006-2007 гг. было в целом удовлетворительным. Содержание белка возрастало от применения микроэлементных удобрений с 10,2 % на контроле до 13,0 и 13,5% при применении хелатов железа и цинка соответственно.

Разработка наиболее рациональных приемов некорневого внесения удобрений проводилась на основе функциональной экспресс-диагностики растений в период вегетации с помощью фотометра «Аквадонис».

Разработан способ определения потребности культур в азотном питании в условиях неорошаемого земледелия, включающий расчет дозы внесения азота на запланированный урожай с учетом содержания азота в пахотном слое почвы и выноса его единицей продукции (патент на изобретение от 10 апреля 2008 №2321200).

**12. Влияние некорневых обработок микроэлементами в период кущения
на урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы
(2006-2007 гг.)**

Микро-элемент	Урожайность, т/га	Прибавка урожая к контролю, т/га	Клейковина, %	Прибавка клейковины к контролю, %	ИДК	Сырой белок, %
Контроль	3,1	-	30,4	-	53,2	10,2
Мочевина	3,7	0,6	30,8	0,4	80,6	11,8
Бор	3,9	0,8	34,3	3,9	76,5	11,4
Молибден	2,9	-0,2	33,4	3,0	82,0	12,0
Хелат железа, ДТПА	3,8	0,7	35,4	5,0	80,3	12,3
Хелат железа, ЭДТА	3,2	0,1	33,5	3,1	78,5	13,0
Хелат меди	3,3	0,2	32,8	2,4	77,0	11,6
Хелат марганца	3,2	0,1	34,5	4,1	82,4	11,9
Хелат цинка	3,0	-0,1	33,3	2,9	81,3	13,5
НСП ₀₅	0,22	-	1,3	-	2,8	0,5

В производственном опыте в аналогичных условиях установлен значительный эффект от внесения нетрадиционного органо-минерального удобрения (ОМУ) в сочетании с некорневыми обработками посевов микроэлементами (Акварина-5) на урожайность и качество зерна озимой пшеницы (табл. 2). Состав органо-минерального удобрения (ОМУ): N-4%, P₂O₅ -6%, K₂O-5%, MgO-1,0%, Na-1,0%, B-0,4%, гумусовые соединения 3,4%, более 60% органических веществ, полученных из торфа. Состав «Акварина - 5»: N₁₈P₈K₁₈Mg₃B_{0,03}Si_{0,01}Fe_{0,07}Mn_{0,05}Zn_{0,03}Mo_{0,004}.

Установлено, что подкормка Акварином в фазу кущения без ОМУ увеличила урожайность зерна от 4,4 до 5,3 т/га, также отмечается увеличение содержания клейковины от 22,0 до 30,5%, натура составила от 700 до 755 г/л (табл. 13).

Прибавка урожая озимой пшеницы от применения Акварина на фоне ОМУ в фазу кущения 2005 г. составила 0,4-0,9 т/га, кроме того, отмечалось улучшение качества зерна, в частности увеличение содержания клейковины в зерне от 6,7 до 8,5%.

От применения Акварина без ОМУ в 2006 г. можно отметить, что урожайность озимой пшеницы увеличилась на 0,4-0,8 т/га, натура - на 25-40 г/л, содержание клейковины - на 1,2-2,9 %. На фоне с ОМУ в 2006г. она увеличилась на 1,5 т/га, натура - на 52г/л. На фоне без ОМУ в 2007 г. подкормка Акварином способствовала увеличению урожайности на 0,3-0,7 т/га, содержания клейковины - на 0,7-2,5%, натуры - на 20 г/л.

Выявлено, что применение одного Акварина явилось агрономически и экономически эффективно, а применение ОМУ на озимой пшенице отдельно,

13. Изменение урожая и качества зерна озимой пшеницы «Московская -39» при применении микроудобрений (2005-2007 гг.)

Подкормка «Акварином-5» в фазу кущения, кг/га	Урожайность, т/га	Клейковина, %	ИДК	Натура, г/л
Контроль (без ОМУ), 2005 г.				
0	4,4	22,0	92,0	700
1,5	4,8	28,7	96,8	725
3,0	5,1	29,3	89,5	740
4,5	5,3	30,5	93,2	755
6	5,1	25,8	99,0	753
НСР _{0,5}	0,3	2,1	6	21
На фоне ОМУ 1,5 ц/га, 2005 г.				
0	4,7	24,4	86	690
1,5	5,3	29,4	105	735
3,0	5,4	30,4	93	740
4,5	5,8	30,7	89	750
6	5,4	21,0	100	762
НСР _{0,5}	0,2	1,8	5	15
Контроль (без ОМУ), 2006 г.				
0	3,5	28	99	700
1,5	3,9	29,2	110	725
3,0	4,2	29,8	100	730
4,5	4,3	30,9	91	740
6	4,7	30,9	130	738
НСР _{0,5}	0,3	1,8	8	20
На фоне ОМУ 1,5 ц/га, 2006 г.				
0	3,0	28	100	700
1,5	3,6	29,0	80	728
3,0	4,0	30,0	79	752
4,5	3,9	30,0	81	750
6	4,7	30,0	80	773
НСР _{0,5}	0,2	1,5	12	19
Контроль (без ОМУ), 2007 г.				
0	3,2	28,3	100	700
1,5	3,8	29,3	98	720
3,0	3,9	29,0	100	720
4,5	3,5	30,6	98,7	720
6	3,0	30,8	100	740
НСР _{0,5}	0,3	1,6	7	21

без других удобрений менее эффективно. Наибольший условно чистый доход получен при сочетании ОМУ и Акварина.

При корневом почвенном внесении цинка, марганца и меди в дозах от 300 до 2500 г/га в виде растворов солей, содержание данных элементов в черноземе увеличивалось до оптимальных значений; урожайность озимой пшеницы увеличилась на 0,4; 1,2; и 0,3 т/га, соответственно; поступление элементов к их выносу озимой пшеницей составило 35:1 (для меди); 12:1 (для цинка) и 80:1 (для марганца).

Микроэлементы, внесенные некорневым способом в хелатированных формах, могут действовать в микродозах (10^{-3} - 10^{-15} М) на продуктивность культур. При этом вынос значительно превышает поступление, что может приводить к постепенному обеднению почв элементами питания.

Это подтверждается динамикой содержания подвижных форм микроэлементов в течение пяти ротаций севооборотов (без внесения микроэлементов) на черноземах типичных в многофакторном полевом опыте ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (Медвенский р-н Курской области) за двадцатилетний период. К началу освоения севооборотов (1984 г.) содержание подвижной меди относилось к 3-й группе обеспеченности – высокообеспеченные (5-10 мг/кг), содержание подвижного цинка также к 3-й группе – высокообеспеченные (0,3-0,5 мг/кг), а содержание подвижного марганца ко 2-й группе – среднеобеспеченные (50-100 мг/кг).

К концу 5-ротации по уровню содержания подвижной меди почвы перешли в 1-ю группу обеспеченности – низкообеспеченные (1-2,5 мг/кг) по всем элементам рельефа. Содержание подвижного цинка на склонах северной и южной экспозиций снизилось до 1-й группы – низкообеспеченные (0,1-0,2 мг/кг), а на водораздельном плато до 2-й группы – среднеобеспеченные (0,2-0,3 мг/кг). Содержание подвижного марганца по всем элементам рельефа снизилось до 1-й группы – низкообеспеченные (менее 50 мг/кг).

В настоящее время существует большое количество препаратов, в т.ч. биологически активных веществ, в состав которых входят и макро и микроэлементы. Применение наиболее распространенных препаратов в условиях ЦЧЗ на черноземе типичном (Медвенский р-н Курской области) в посевах ячменя показало их высокую эффективность. Обработка ими проводилась в фазу кущения в предписанных дозах. Согласно полученным данным (табл. 14) на всех вариантах опыта с внесением биопрепаратов урожайность зерна ячменя достоверно повышается (на 11,9-15,8 ц/га), что является очень существенной прибавкой к контролю. По качеству зерно ячменя на всех вариантах опыта относилось к пивоваренному. Применение биопрепаратов несколько увеличивали показатель натурности зерна.

При этом внесение небольших доз биопрепаратов экономически оправданно, из-за их невысокой стоимости и высокой отдачи. Поэтому применение внекорневой обработки ярового ячменя биопрепаратами является эффективным приемом повышения урожайности культуры, не ухудшающим качества зерна.

Данные опытов по эффективности комплексных удобрений на посевах зерновых культур подтверждаются результатами производственной проверки в хозяйствах ЦЧЗ.

14. Влияние применения некорневой обработки препаратами в фазу кущения на урожайность ярового ячменя (Суздалец)

Препарат	Урожайность		Показатели качества		
	ц/га	прибавка	натура г/л	крупность, %	белок, %
Контроль	31,4	-	600	76	10,8
Акварин 3,0 кг/га	45,3	13,9	604	74	11,0
Акварин 1,5 кг/га	43,3	11,9	608	76	10,8
Бишофит 4%	47,2	15,8	608	74	11,0
Бишофит 2%	42,9	11,5	610	76	10,4
Аквадон 1%	44,5	13,1	608	78	10,5
Экстракол, 1%	45,8	14,4	618	78	10,8
Биогумус 15%	47,2	15,8	610	78	10,6
Аквамикс 1%	46,3	14,9	612	78	10,6
Лигногумат 1%	44,7	13,3	617	80	10,6

Применение комплексных удобрений ОМУ и «Акварина -5» на посевах ячменя сорта «Пассодена» в ОАО «Новая жизнь» Черемисиновского района Курской области увеличило урожайность зерна на 0,4 т/га при урожайности на контроле 4,4 т/га. При этом крупность зерна на фоне с комплексными удобрениями составила 85%, а энергия прорастания 98% (на контроле соответственно 81 и 94%).

Так, при обработке посевов ячменя сорта «Пассодена» 2x1,5 кг/га «Акварин 5» в СПК «Гладышевский» Токаревского района Тамбовской области прибавка урожайности зерна составила 0,7 т/га (15 %).

В ОАО «Гарант» Беловского района Курской области под озимую пшеницу «Московская-39» внесли 100 кг/га ОМУ «Пшеничное», некорневую подкормку выполнили «Акварин 5» в дозе 3 кг/га. Получена урожайность зерна 5,7 т/га, что на 0,5 т/га (10 %) превышает контроль.

В СПК «Новая жизнь» Беловского района Курской области применение ОМУ «Пшеничное» (100 кг/га) и «Акварина 5» (2x1,5 кг/га) позволило повысить урожайность зерна озимой пшеницы «Московская-39» на 14 % (0,5 т/га) и содержание клейковины с 22 до 24 %.

Следовательно, результаты исследований показывают целесообразность использования хелатных комплексов микроэлементов для культурных растений при обязательном основном внесении удобрений. Они способствуют оптимизации биологических процессов в агрофитосистемах, поддерживают связь в цепи почва-растения, отличаются низкой токсичностью, высокой технологичностью. Включение оптимального потока химических составляющих в виде водорастворимых хелатных комплексов в единый круговорот веществ расширяет и интенсифицирует его, давая возможность повышать продуктивность посевов, увеличивать сбор и улучшать качество продукции, сохраняя экологическую чистоту производственного комплекса.

Некорневая подкормка, несомненно, должна выступать в качестве дополнительного способа питания, ни в коем случае не заменяющего основное внесение удобрений, хотя в ряде случаев она может быть единственно возможным путем внесения элементов питания, регулирования его по вегетации. Поэтому эффективным является использование для некорневых подкормок полных комплексных удобрений с микроэлементами.

Залогом эффективности таких комплексов служит использование в их производстве высококачественного сырья, введение в состав хелатированных микроэлементов, а также тщательный подбор соотношения и форм элементов питания, что важно для эффективного их поглощения из растворов листовым аппаратом. Практика применения некорневых подкормок говорит о различной их эффективности даже в отношении одних и тех же культур в условиях разных почв, разного агрофона, различных климатических зон и погодных условий конкретного года. Поэтому важным моментом для эффективного их проведения является определение в конкретных условиях времени проведения, фазы развития растений и оптимизации дозы.

Возможность регулирования минерального питания растений на основе растительной функциональной экспресс-диагностики в период вегетации иногда ограничивается недостатком влаги, тепла, освещенности. Поэтому усовершенствованные приемы регулирования минерального питания предполагают одновременное проведение как растительной, так и почвенной диагностики.

Некорневое применение удобрений должно обязательно сочетаться с основным внесением рекомендованных доз удобрений в почву, причем не только азота, фосфора и калия, но и микроэлементов. Микроэлементы, внесенные некорневым способом в микродозах значительно увеличивают урожайность зерновых культур, при этом действуют как биологические стимуляторы, увеличивая вынос как микро-, так и макроэлементов из почв, компенсация выноса из почвы при этом не происходит, что приводит к постепенному обеднению почв и в конечном итоге к истощающему выращиванию. В этом отношении перспективным почвенным удобрением с микроэлементами является ОМУ (органоминеральное удобрение).

Таким образом, усовершенствованы приемы некорневого применения удобрений на зерновых культурах в адаптивно-ландшафтном земледелии, обеспечивающие увеличение урожайности зерна на 15 % и улучшение его качества.

7. Основные выводы

1. Анализ многолетних опытов по усовершенствованию систем обработки почвы в севооборотах адаптивно-ландшафтного земледелия различных регионов России свидетельствует, что наиболее научно обоснованными, экономически и экологически эффективными остаются комбинированные системы, сочетающие различные способы под отдельные культуры.

2. В рамках таких систем реализуются и две обоснованные существующие концепции построения их как-то:

- необходимость дифференцированного применения способов обработки почвы;

- целесообразность создания глубокого рыхлого корнеобитаемого слоя почвы как отвальными, так и безотвальными орудиями.

3. В регионах России из-за различных почвенно-климатических условий, обеспеченности антропогенными ресурсами, экологической ситуации отвальные, безотвальные, поверхностные и нулевые способы обработки почвы имеют равное право на существование.

4. Мелкие безотвальные поверхностные и нулевые обработки не могут являться системами. Научно обоснованным является их применение как способов под отдельные культуры в севооборотах адаптивно-ландшафтного земледелия.

5. Полевые культуры по мере убывания положительной реакции на минимализацию обработки почвы можно расположить в следующем порядке убывающего значения: озимые зерновые - яровые зерновые - однолетние травы – гречиха – подсолнечник – кукуруза – сахарная свекла.

6. Для минимальных обработок пригодны, в первую очередь, почвы со средним и высоким уровнем эффективного плодородия, легкого и среднего гранулометрического состава, слабо засоренные сорняками, засушливые условия весенне-летнего периода. Использование их должно быть ограниченным на черноземах двумя годами, на серых лесных и дерново-подзолистых почвах одним годом.

7. Увеличение сроков систематического использования минимальных обработок ведет к уплотнению почвы, а вследствие этого и усилению стока талых вод, повышению засоренности полей, особенно многолетними сорняками и в конечном счете к снижению урожайности культур.

8. Из-за наличия ряда негативных аспектов такие обработки рекомендуется использовать с обязательным применением удобрений и гербицидов. Дополнительное применение удобрений и гербицидов может свести их энергоёмкость до уровня традиционной вспашки.

9. Использование нулевых, поверхностных и мелких безотвальных способов основной обработки почвы под культуры в нерекомендуемых условиях может привести к существенному снижению их урожайности.

10. Для снижения возможных негативных эффектов минимализации обработок почв на формирование урожая и качества зерновых культур целесообразно применение сбалансированных систем удобрения, предусматривающих использование как макроэлементов, так и микроэлементов.

11. Усовершенствованы и разработаны новые приемы некорневого внесения удобрений, предполагающие одновременное проведение как почвенной, так и растительной экспресс-диагностики. Некорневое применение удобрений должно обязательно сочетаться с основным внесением рекомендованных доз удобрений в почву, причем не только азота, фосфора и калия, но и микроэлементов.

12. Разработан способ определения потребности культур в азотном питании в условиях неорошаемого земледелия (патент на изобретение от 10 апреля 2008 №2321200).

13. Микроэлементы, внесенные некорневым способом в микродозах значительно увеличивают урожайность зерновых культур, при этом действуют как биологические стимуляторы, увеличивая вынос как микро-, так и макроэлементов из почв. Эффективным является использование для некорневых подкормок полных комплексных удобрений с микроэлементами.

14. Эффективность некорневого применения некоторых микроэлементов в значительной мере связана с погодными условиями года, в частности, с увлажнением почв, и зависит от фенологической фазы развития растения (для зерновых культур наибольшая эффективность в фазе кущения и трубкования), типа, подтипа почвы, вида агрофона, климатической зоны.

Литература

1. Аверьянов Г.Д. Влияние обработки на свойства почвы и урожайность зерновых культур в Верхнем Поволжье/Г.Д. Аверьянов, М.С. Матюшин, А.И. Шаряпова//Минимализация обработки почвы.-М., Колос, 1984, - С. 204-212.
2. Адрихин П.Г., Копаева М.Т., Протасова Н.А. Центрально-Черноземные области // Микроэлементы в почвах СССР (Подвижные формы микроэлементов в почвах Европейской части СССР). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – С. 103-118.
3. Аристархов А.Н., Оптимизация питания растений и применения удобрений в агросистемах .- М.: МГУ. ЦИНАО, 2000.- 524 с.
4. Артюшин А.М., Дерюгин И.П., Кулюкин А.Н. Удобрение в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур . - М.: Агропромиздат, 1991. - 224 с.
5. Баздырев Г.И. Возможности и проблемы минимализации обработки почвы при длительном ее использовании/ И.Г. Баздырев, И.А. Заверткин – Известия ТСХА.- М., 2008.- № 4.- С. 4-16.
6. Бакиров Ф.Г. Возможности использования ресурсосберегающих систем основной обработки черноземов южных в земледелии Оренбуржья/Ф.Г. Бакиров, А.В. Кислов// Роль современных технологий в устойчивом развитии АПК.- Курган, 2006.-С. 200-206.
7. Буянкин Н.И. Ключевые показатели минимализации обработки/ Н.И. Буянкин, В.Н. Слесарев, А.Г. Красноперов.-Земледелие.-2004.-№ 4.-С. 14-15.
8. Васиненко И.И., Комаров В.И. Оценка качества зерна. Справочник .- М.: Агропромиздат, 1987.- С. 30.
9. Веригина К.В. Роль микроэлементов (Zn, Cu, Co, Mo) в жизни растений и их содержание в почвах и породах / Микроэлементы в некоторых почвах СССР. – М.: Наука, 1964. – С. 5-27.
10. Виноградов, Д.Е. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах .- М.: Изд-во. АН СССР,- 1957.- 238 с.
11. Виноградова В.С., Смирнова Ю.В., Самодурова Т.Н., Плотников А.А. и др. «Акварины – как способ поддержания равновесия в агроэкосистемах. // Оптимизация питания растений как фактор повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции (Сборник материалов семинара). Краснодар. – 2005. – С. 4-9.
12. Гармашов В.М. Минимализация обработки почвы в Центрально-Черноземной зоне/ В.М. Гармашов, А.Л. Качанин.-Земледелие.- 2007.-№ 6.
13. Гулидова В.А. Минимальная обработка почвы под озимую пшеницу/В.А. Гулидова.-Земледелие.-1998.- № 5.- С.21.
14. Дериглазова Г.М. Влияние агроэкологических факторов на урожайность и пивоваренные качества зерна ячменя в ЦЧЗ // Материалы международной школы молодых ученых «Совре-

- менные технологии для современного сельскохозяйственного производства» - Волгоград: НВ НИИСХ, 2006 – с. 101-106.
15. Иванов Н.Н. Озимые в Центрально-Черноземной полосе/ Н.Н. Иванов, В.А. Федоров, А.В. Жуков, А.С. Чаадаев.- Воронеж, Центр.-Черн. кн. изд-во, 1975.- 103 с.
 16. Казаков Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье/Г.И. Казаков.-Самара, 2008.-251 с.
 17. Казаков Г.И. Почвозащитная обработка почвы в Среднем Поволжье/Г.И. Казаков, В.А. Корчагин.-Земледелие.-2009.-№ 1.-С. 26-28.
 18. Катыльмов, М.В. Микроэлементы и микроудобрения .- М.: Химия, 1965. 330 с.
 19. Каштанов, А.Н. Агроэкология почв склонов /А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко.- М.: Колос, 1997. – 238с.
 20. Кильдюшкин В.М. Совершенствование системы основной обработки почвы в эрозионно-опасных и равниннозападинностепных агроландшафта Западного Предкавказья/ В.М. Кильдюшкин//Дисс. на соиск.ученой степени доктора с.-х. наук.-Курск, 2005.-355 с.
 21. Кислов А.В. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы под зерновые культуры/А.В. Кислов, Ф.Г. Бакиров, С.А. Федюнин//Земледелие.- 2004.-№ 4.- С. 24-25.
 22. Крючков М.М. Минимальная обработка серых лесных почв южной части Нечерноземной зоны Российской Федерации/ М.М. Крючков//Автореферат докт. диссертации.-Рязань, 2003.-45 с.
 23. Мальцев М.И. Влияние приемов минимализации обработки на физические свойства почв и продуктивность яровой пшеницы в условиях Приобья Алтая/М.И.Мальцев, Л.Д.Путивская//Роль современных технологий в устойчивом развитии АПК. - Курган, 2006. – С. 403-407.
 24. Михелев А.В. Малоэнергоёмкие технологии возделывания яровых зерновых культур/А.В. Михелев, Н.И. Белоусов, В.М.Володин, Г.Н.Черкасов, И.Г.Пыхтин, В.Г. Вавин, И.В.Дудкин.- Курск, 2002.-20с.
 25. Мотузова, Г.В. Системно-экологический анализ соединений микроэлементов в почвах: автореф. дис. док-ра. биол. наук. М, 1992. 36 с.
 26. Поветкин В.Е. Влияние способов обработки почвы и конструкций посевов на продуктивность агрофитоценозов в условиях лесостепи ЦЧЗ/В.Е. Поветкин/Автореферат канд. дисс.- Курск, 2001. – 19с.
 27. Показаньев С.А. Обоснование выбора систем обработки почвы с разным уровнем минимализации в севооборотах по зонам в Курганской области/С.А. Показаньев, Г.Л. Апетенок, Н.В. Степных, В.Г. Батилов, В.М. Усачев, Г.П. Попов, А.Т. Сотникова//Научное наследие Т.С.Мальцева в развитии современных ресурсосберегающих технологий.- Курган, 2005.- С. 22-69.
 28. Протасова Н.А., Беляев А.Б. Макро и микроэлементы в почвах Центрально-Черноземной зоны и почвенно- геохимическое районирование ее территории // Почвоведение. -2000. -№ 2. С. 204-211.
 29. Протасова Н.А., Щербаков А.П. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т., 2003. – 368 с.
 30. Пупонин А.И. Минимальная обработка почвы: ответ, проблемы и перспективы/А.И. Пупонин, Б.Д. Кирюшин.- М.:ВНИИТЭИагропром, 1989.-56с.
 31. Пыхтин, И.Г. Определение вклада отдельных факторов и их взаимодействий в формирование продуктивности культур и севооборотов / И.Г. Пыхтин //Научные основы совершенствования севооборотов в современном земледелию: сб. науч. тр. – Курск, 1992. - С. 42-54.
 32. Пыхтин И.Г. Минимальная обработка почвы: плюсы и минусы/И.Г. Пыхтин, С.С. Машенко//Сельский механизатор, 2005.-№ 7.-С. 26-28.
 33. Пыхтин И.Г. Система обработки почвы/ И.Г.Пыхтин// Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия.-Курск, 2001.-С. 81-83.

34. Рудакова Э.Ф., Каракис К.Д., Сидоршина Т.Н. и др. Микроэлементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях. – Киев: Наук. думка, 1987. – 184 с.
35. Рымарь С.В. Длительное применение различных способов основной обработки и плодородие чернозема обыкновенного/С.В. Рымарь//Земледелие.-2007.-№ 3.- С. 22-23.
36. Сираев М. Влияние систем обработки почвы и удобрений на вводно-физические свойства черноземов, влагообеспеченность посевов и урожайность яровой пшеницы/М. Сираев//Межд.с.-х. журнал.-1999.-№ 5.-С.46-50.
37. Турусов В.И. Основная обработка почвы и продуктивность подсолнечника/В.И. Турусов.-Земледелие, 2004.-№ 2.
38. Тютюнов С.И. Совершенствование технологий возделывания с.-х. культур в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья России/С.И. Тютюнов//Диссерт. на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. - Белгород, 2005.-306 с.
39. Уваров Г.И. Агроэкологические аспекты обработки почвы в ЦЧР/Г.И.Уваров, В.Д. Соловченко, М.В. Бондаренко//Учебно-производственное пособие.-Белгород, ГСХА, 2007.- 98 с.
40. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур - справочник.- М.: Агропромиздат, 1990.- 236 с.
41. Чеботарев О.П. Влияние системы основной обработки почвы на продуктивность зерно-пропашного севооборота в условиях лесостепной зоны Центрально-Черноземного региона/О.П. Чеботарев//Автореф. канд. дисс. - Белгород. 2004.- 22 с.
42. Черкасов Г.Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы/Г.Н. Черкасов, И.Г.Пыхтин//Земледелие, 2006.-№ 6.-С.20-22.
43. Черкасов Г.Н. Минимализация обработки почвы: перспективы и противоречия/ Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин//Современная техника для сельского хозяйства России.- Орел, 2007.- С. 19-23.
44. Черкасов Г.Н. Научные основы формирования ресурсосберегающих технологий возделываемых сельскохозяйственных культур в ландшафтном земледелии/Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин, А.Г. Рожков, Н.П. Масютенко, Р.Ф. Еремина, О.Г. Чуян, В.Г. Вавин, Е.П. Проценко.- Курск, 2004.-36 с.
45. Чуян Г.А. Эффективность минеральных и органических удобрений в зависимости от местоположения почв в рельефе /Г.А Чуян, М.И. Хмоленко, С.С.Машенко, О.П.Тур //Прогноз развития эрозионных процессов и устойчивость агроландшафтов к воздействию естественных и антропогенных факторов: сб. науч. тр. – Курск, 1990. - С. 103-111.
46. Шевченко В.Е. Ресурсосберегающая технология обработки почв в условиях Воронежской области/В.Е. Шевченко, В.Д. Иванов//Научные основы и практические рекомендации.- Воронеж, 1997.-37с.
47. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. – Л.: Наука, 1974. – 323 с.
48. Ягодин Б.А., Торшин С.П., Кокурин Н.Л., Савидов Н.А., Вариабельность микроэлементного состава зерна основных злаковых культур и факторы её определяющие // Агрохимия. – 1989. - №3. – С. 125-135.
49. Bloomfield C. The translocation of metals in soils, in: The Chemistry of Soil Processes. – New York, 1981. – 463 p.
50. Loneragan J. F., Robson A.D., Graham R.D. Distribution and movement of copper in plants, in: Copper in Soils and Plants. – Eds., Academic Press, New York, 1981. – P. 165.
51. Tiffin L.O. The form and distribution of metals: an overview, in: Proc. Hanford Life Sciences Symp. U. S. Department of Energy, Symposium Series, Washington, D.C., 1977. -315 p.
52. Ylärinta T., Jansson H., Sippola J. Seasonal variation in micronutrient contents of wheat, Ann. Agric. Fenn., №18, 1979. – P. 218.