

Результаты сравнительных исследований элементов технологий интегрированного земледелия

В. И. Клименко, доктор технических наук
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 25.05.2022)

В статье раскрывается необходимость перехода на более широкое использование технологий интегрированного земледелия с нанесением на вегетативную часть растений легкоусвояемых полифункциональных комплексов, содержащих макро- и микроэлементы для питания растений и обладающих как фунгицидным, так и ростостимулирующим эффектом.

Проведен анализ результатов сравнительных исследований технологий и машин для поверхностной и основной обработки почвы. Показаны преимущества отечественных технологий и техники.

The article reveals the need to switch to a wider use of integrated farming technologies with the application to the vegetative part of plants of easily digestible polyfunctional complexes containing macro and microelements for plant nutrition and having both a fungicidal and growth-stimulating effect.

The analysis of the results of comparative studies of technologies and machines for surface and basic soil treatment is carried out. The advantages of domestic technologies and equipment are shown.

Введение

Закон минимума, сформулированный для технологий традиционного земледелия известным ученым Юстасом Либихом, гласит: «Продуктивность поля находится в прямой зависимости от необходимой составной части пищи растения, содержащейся в почве в самом минимальном количестве: извести, азота, калия, воды, фосфорной кислоты, углекислоты, кислорода, света, тепла». Они составляют так называемую «бочку Либиха». Для успеха нужно, чтобы она постоянно была полна, и растения получали по меньшей мере девять основных элементов питания.

Немецкими учеными также установлено, что легкие и средние почвы (содержание гумуса менее 3,5 %), наиболее часто встречающиеся в Республике Беларусь, не обладают упругой структурой [1]. Под воздействием природных факторов (дождей, таяния снегов, засух), а также проходов тяжелых машин такая почва уплотняется с разрушением ее структуры. Причем впоследствии не происходит восстановления структуры. Это ухудшает жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, и как результат, ухудшается питание растений, что резко снижает урожай.

Место и методика проведения исследований

Исследования проведены посредством полевых и производственных экспериментов.

При изучении эффективности полифункциональных комплексов в растениеводстве в качестве основных объектов исследований были выделены картофель, одна из наиболее вредоносных болезней культуры – фитофтороз (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary.), защитно-стимулирующие средства под названием Полиазофос и Полислав, технология применения которых включала опрыскивание посадок в период вегетации. Полевые опыты закладывали (1998 г.) в совхозе «Ветковский» (Ветковский район, Гомельская область) и на опытном поле РУП «Институт защиты растений» (Минский район, Минская область) по схеме, представленной в таблице 1. Почва опытных участков характеризовалась следующими показателями: в совхозе

«Ветковский» почва дерново-подзолистая супесчаная, содержание органического вещества – 1,3 %, K_2O – 180 мг/кг, P_2O_5 – 160 мг/кг почвы, pH – 6,8; на опытном поле РУП «Институт защиты растений» почва дерново-подзолистая суглинистая, содержание органического вещества – 2,1 %. Вид опытов – полевые мелкоделяночные, площадь опытных делянок – 25–30 м², повторность 4-кратная, расположение делянок – рендомизированное. Агротехника возделывания картофеля общепринятая для данных зон возделывания. Для проведения опытов в качестве защитно-стимулирующего средства использовали Полиазофос (ПКС-2), 63 % пс. (сульфат меди, 32 % + комплекс макро- и микроэлементов) и Полислав, 63 % ПС (сернокислый цинк, 20 % + комплекс макро- и микроэлементов). Эталонами для сравнения являлись фунгициды Азофос, 65 % пс. (аммоний-медьфосфат, АМФ) и Ридомил голд МЦ, СП (манкоцеб, 640 г/кг + металаксил, 40 г/кг). Степень поражения листьев картофеля фитофторозом учитывали через 20–25 дней после последней обработки посадок средствами защиты растений. Урожайность картофеля определяли посредством уборки учетных делянок.

Изучение технологических возможностей агрегатов универсальных комбинированных АДУ-6АКД и АДУ-6АКЧ для обработки почвы проводили в 2010–2011 гг. в базовых хозяйствах Минского района (ОСП «Совхоз Минский», ТП РУП «Дор ОРС» Белорусской ЖД). В испытаниях на Белорусской МИС по стандартным методикам и руководствуясь положениями нормативно-технической документации (ТУ ВУ400450339.017-2010, ТУ 400450339.015-2009, руководство по эксплуатации на агрегаты АДУ) определяли значения технических и технологических показателей изучаемых агрегатов в сравнении с почвообрабатывающими агрегатами, имеющими рабочие органы западноевропейских фирм-производителей.

Результаты исследований и их обсуждение

Преимущество нанесения на вегетирующие растения макроудобрений в рамках интегрированного земледелия (например, азота в виде КАС) установлено многими исследователями. Такое технологическое решение по-

зволяет обеспечить более высокий урожай при меньших затратах в сравнении с традиционным внесением макроудобрений и микроэлементов в почву.

Для интегрированного земледелия также предназначены разработанные ЗАО «Славянская технология» препараты Полиазофос и Полислав как полифункциональные комплексы, которые содержат азот, калий, фосфорную кислоту и микроэлементы в легкоусвояемой растениями форме для внесения через вегетативную часть растений. Это позволяет более эффективно использовать макроэлементы, необходимые растениям. Микроэлементы также дополнительно улучшают усвоение макроэлементов, что способствует повышению урожая. При этом возможно уменьшение количества химических веществ, загрязняющих нижележащие слои почвы, реки и озера.

Анализ результатов проведенных в РУП «Институт защиты растений» исследований показал, что полифункциональный препарат Полиазофос обладает мощным защитным и ростстимулирующим эффектом на картофеле и обеспечивает получение прибавки урожая в сравнении с контролем без обработок более 150 ц/га [2].

Как следует из представленных в таблице 1 данных, 3-кратное опрыскивание вегетирующих растений картофеля сорта Орбита смесевой композицией Полиазофос + Полислав обеспечило снижение развития фитофтороза в сравнении с контролем без обработки в 2,5 раза и получение 330,5 ц/га клубней, что в 1,8 раза выше, чем в контроле (179,0 ц/га). На фоне 2-кратного применения комбинированного фунгицида Ридомил голд МЦ как эталона урожайность сорта Орбита составила 334 ц/га.

Полиазофос не уступал и фунгициду Азофос как эталону при защите от фитофтороза посадок сорта Брянский ранний (совхоз «Ветковский»), обеспечивая снижение развития болезни в 1,8–2 раза в сравнении с необработанным контролем (таблица 1). По отношению к эталону эффективность подавления фитофтороза Полиазофосом в комбинации с Полиславом имела тенденцию повышения, при этом прибавка урожая клубней сорта Брянский ранний составила 19,5 ц/га, что обусловлено наличием у защитно-стимулирующего комплекса микроэлементов.

Для производственных испытаний была выпущена опытная партия препаратов семейства «Полиазофос» в количестве 70 т. Опыт их применения как элемента

технологии интегрированного земледелия в Республике Беларусь и Российской Федерации подтвердил значимость результатов проведенных исследований.

На составную часть питания растений – составляющую «бочки Либиха», о которой говорится выше, активно влияет и обработка почвы. Так, от нее зависит стабильность газообмена – получение растениями кислорода, отвод углекислого газа и т. д. Она может регулировать обеспечение растений водой, бесперебойно подавая к корням растений капиллярную влагу в засушливые периоды и эффективно отводя ее в ниже лежащие слои почвы при избыточных осадках, то есть механическая обработка почвы может обеспечить растения достаточным для нормального роста и развития количеством воды и кислорода, выводом углекислого газа, либо создать острый дефицит этих трех важнейших факторов для жизнедеятельности растений [2]. В последнем случае по закону минимума Либиха наблюдается резкое падение урожайности. Кроме того, инновационные технологии обработки почвы могут сократить потери урожая, связанные со «смывом» растений из-за эрозии почвы.

Разрыв почвы с помощью современных способов поперечной автовибрации рабочих органов, в том числе и агрегатами АДУ, разработанными учеными УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и ЗАО «Славянская технология», позволяет ликвидировать первый «минимум» – факторы недостатка или переизбытка влаги. При этом глубина обработки должна быть достаточной, чтобы создать условия для подачи капиллярной влаги в засуху и отвод ее в период проливных дождей или таяния обильных снегов. Агрегатами АДУ с помощью последовательно установленных друг за другом противозерозионных катков и основных чизельных или дисковых рабочих органов формируется мелкокомковатая структура почвы, которая препятствует образованию на поверхности почвы плотной корки, крайне затрудняющей газообмен. Так, ликвидируется второй опасный для растений «минимум» – кислородный, плюс в припочвенные слои атмосферы в течение суток с каждого гектара беспрепятственно выводится 26–500 кг углекислого газа, выделяемого при минерализации органики, который в случае его скапливания в почве резко ухудшает условия жизнедеятельности растений. По мнению многих исследователей, правильная и качественная обработка почвы может сформировать до 25 % урожая.

Таблица 1 – Эффективность защиты картофеля от фитофтороза (полевые опыты, 1998 г.)

Вариант	Кратность обработок	Сорт Орбита (опытное поле РУП «Институт защиты растений», Минская область)		Сорт Брянский ранний (совхоз «Ветковский», Гомельская область)	
		развитие фитофтороза, %	урожайность, ц/га	развитие фитофтороза, %	урожайность, ц/га
Полиазофос, 4 кг/га	3	35,0	316,7	44,0	245,4
Полиазофос, 4 кг/га + Полислав, 1 кг/га	3	30,0	330,5	40,0	255,3
Азофос, 4 кг/га – эталон	3	–	–	45,0	235,8
Ридомил голд МЦ, 2,5 кг/га – эталон	2	20,0	334,0	–	–
Контроль – без обработки фунгицидами	–	75,0	179,0	80,0	189,3



Агрегат универсальный комбинированный чизельный АДУ-6АКЧ на разуплотнении почвы

Учитывая наступившие аномальные изменения климата, новые технологические подходы позволят земледельцу сохранить и еще 25 % урожая, который ранее он терял из-за критически низкого обеспечения растений кислородом, влагой или, наоборот, переизбытка влаги и проблемами с выводом углекислого газа из почвы. Авторами и разработчиками технологий проведены испытания опытных образцов нового типа дисковых и чизельных почвообрабатывающих агрегатов [3]. На разработанные орудия и их рабочие органы получены патенты [4, 5, 6, 7, 8 и др.]. Для оценки перспективности образцов, по инициативе разработчиков, на Белорусской МИС в сравнительных испытаниях установлены технические и агротехнологические показатели разработанных агрегатов в сравнении с почвообрабатывающими агрегатами, имеющими рабочие органы западноевропейских фирм-производителей [9].

Согласно результатам испытаний, проведенных на Белорусской МИС (таблица 2), на предмет выявления почвообрабатывающих агрегатов, способных при агрегатировании с трактором Беларус 3522 обеспечить качество и глубину сплошной обработки почвы на глубину классической вспашки (18 см и более), было выявлено:

- агрегаты «Дископак-6» (фирма-производитель «Kverneland» и ДП «Минойтовский РЗ»), АПМ-6 (РУП



Агрегат универсальный комбинированный дисковый АДУ-6АКД на мульчировании почвы

«НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»), АМП-5 (РУМП «Кузлитмаш») показали повышенный удельный расход топлива – 11,0 кг/га, 11,69 и 14,31 кг/га при глубине обработки почвы соответственно 16,7 см, 11,9 и 15,8 см;

- агрегат КУ-600 «Карат» производства фирмы «Lemken» и ОАО «БелТАПАЗ» имел ширину захвата 5 м (вместо 6 м у аналогов), что позволяло обеспечить коэффициент использования мощности двигателя лишь на 88,1 % при удельном расходе топлива 9,76 кг/га, скорости 9,8 км/ч и глубине обработки в 16,6 см, что не соответствовало мощностным характеристикам трактора Беларус 3522;
- агрегат АД-600 «Рубин» производства фирмы «Lemken» и ОАО «Витебский МРЗ» при глубине обработки в 15,4 см и ширине захвата 6 м использовал 98,3 % мощности двигателя трактора, при этом возможность заглупления до 18 см рабочих органов уже не обеспечивалась мощностными характеристиками трактора;
- агрегаты АДУ-6АКЧ и АДУ-6АКД при заглуплении их рабочих органов на 16,6 и 16,7 см соответственно и скорости 11,3 и 10,6 км/ч полностью соответствовали тяговым характеристикам трактора Беларус 3522 при удельном расходе топлива в 8,53 и 9,14 кг/га. Исследованиями установлено, что сплошная обра-

Таблица 2 – Технические и технологические характеристики почвообрабатывающих агрегатов (Белорусская МИС, сплошная обработка почвы, энергетическое средство – трактор Беларус 3522, фон – стерня зерновых)

Наименование показателя	Почвообрабатывающие агрегаты									
	АД-600 «Рубин»	Дископак-6	АДУ-6АКД		АПМ-6	КУ-600 «Карат»	АМП-5	АДУ-6АКЧ		
Рабочая скорость, км/ч	10,5	8,8	10,6	8,3	8,3	9,8	8,1	12,0	11,3	10,9
Удельный расход топлива, кг/га	9,26	11,0	9,14	9,15	11,69	9,76	14,31	8,13	8,53	8,9
Тяговая мощность, кВт	159	164	156	162	162	143	165	148	145	148
Коэффициент использования мощности двигателя, %	98,3	97,0	97,0	96,2	96,2	88,1	97,5	97,0	95,8	97,0
Глубина обработки, см	15,4	16,7	16,7	18,7	11,8	16,6	15,8	12,4	16,6	21,2
Степень заделки растительных и пожнивных остатков, %	88	80	80	80	81	87	81	86	90	95
Крошение пласта на комки менее 25 мм (мульчирование почвы), %	91,6	82,2	84,3	84,0	76,5	88,8	75,4	95,7	77,5	82,1

ботка почвы на глубину более 18 см была обеспечена лишь агрегатами разработки УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и ЗАО «Славянская технология» – АДУ-6АКЧ и АДУ-6АКД. При сплошной основной обработке почвы на глубину 21,2 см и скорости 10,9 км/ч агрегатом чизельным универсальным АДУ-6АКЧ обеспечена степень заделки растительных остатков на уровне 95 %, а крошение почвы на комки размером менее 50 мм составляло 95,6 %, что близко по значению к результату современных импортных отвальных плугов, но удельный расход топлива составил всего лишь 8,9 кг/га, что в 2 раза меньше, чем у отвальных плугов при позднеосенней вспашке (срок испытаний – октябрь 2010 г.). При обработке почвы на глубину 12,4 см и скорости 12,0 км/ч степень заделки растительных и пожнивных остатков агрегатом АДУ-6АКЧ снизилась до 86 %, но крошение пласта на комки размером менее 25 мм составило 95,7 %, что явилось наилучшим результатом из всех исследованных агрегатов (чизельных и дисковых).

При сплошной основной обработке почвы на глубину 18,7 см и скорости 8,3 км/ч агрегат дисковый универсальный АДУ-6АКД обеспечил степень заделки растительных и пожнивных остатков 80 %, крошение пласта на комки размером менее 50 мм составило 96,7 % при удельном расходе топлива 9,15 кг/га.

Для широких производственных испытаний было выпущено серийно более 1000 агрегатов универсальных комбинированных АДУ-6АКД и АДУ-6АКЧ для обработки почвы, внедрение которых в Республике Беларусь и Российской Федерации подтвердило результаты проведенных исследований.

Выводы

1. Исследованиями установлено, что предназначенные для интегрированного земледелия препараты на основе сульфата меди и сульфата цинка в комплексе с макро- и микроэлементами, именуемые как защитно-стимулирующие комплексы Полиазофос и Полислава, проявляют фунгицидный и рост-стимулирующий эффект: на картофеле в полевых условиях (сорт Орбита) эффект совместного их трехкратного применения состоит в обеспечении снижения степени поражения растений фитофторозом в 2,5 раза и превышения урожая клубней в 1,8 раза в сравнении с посадками без защиты от болезней в период вегетации. Увеличение кратности обработок картофеля и количества наносимых на вегетирующие растения легкоусвояемых компонентов защитно-стимулирующего комплекса предопределяет необходимость уменьшения количества вносимых макро- и микроэлементов в почву.
2. Разработанные инновационные способы обработки почвы посредством ее разрыва поперечной автовибрацией рабочих органов позволяют создать структуру почвы, наиболее благоприятную для роста и развития растений во всем объеме пахотного горизонта в сравнении с традиционной обработкой, что активизирует три основных элемента «бочки

Либиха»: обеспечение растений кислородом, влагой и обеспечение беспрепятственного отвода углекислого газа из почвы.

3. Исследования показали, что отличительной от аналогов особенностью инновационных методов обработки почвы, разработанных УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и ЗАО «Славянская технология», является наличие сплошной основной обработки почвы чизельными или дисковыми агрегатами на глубину более 18 см (классическая основная обработка). Это позволяет создавать мелкокомковатый, структурный слой почвы, что, в свою очередь, обеспечивает беспрепятственное проникновение корней растений вглубь для получения влаги и элементов питания из лежащих ниже слоев.
4. Чередование прогрессивных инновационных способов обработки почвы с помощью дисковых и чизельных агрегатов, рабочие органы которых имеют современные системы автовибраций и спиральные противозерозионные катки, позволяет уменьшить энергоресурсные затраты в 2 раза, повысить плодородие почвы, урожайность сельскохозяйственных культур и производительность труда, улучшить гумусный баланс почвы, увеличить глубину и качество дробления пласта на мелкие почвенные агрегаты.
5. Современная культура интегрированного земледелия, обеспечивающая повышение урожая, – это, прежде всего, технологии и полифункциональные защитно-стимулирующие комплексы, позволяющие обеспечить увеличение объема нанесения макро- и микроэлементов на вегетирующие растения, а также создание в процессе обработки почвы с помощью поперечной автовибрации рабочих органов условий, более благоприятных для растений и жизнедеятельности почвенных микроорганизмов в сравнении с традиционным земледелием, что уменьшает количество применяемых удобрений, обеспечивает импортозамещение пестицидов, экологично и повышает урожай.

Литература

1. Заленский, В. А. Обработка почвы и плодородие / В. А. Заленский, Я. У. Яроцкий. – Минск: Беларусь, 2004. – 550 с.
2. Клименко, В. И. Ресурсоэффективная технология и машины для возделывания картофеля: монография / В. И. Клименко. – Гомель: БелГУТ, 2009. – 211 с.
3. Протокол приемочных испытаний опытного образца агрегата универсального комбинированного АДУ-6АК. – Привольный: Белорус. машиностроительная ст., 2008. – С. 42.
4. Дисковый почвообрабатывающий орган: пат. U6672 / В. И. Клименко. – Оpubл. 30.07.2010.
5. Способ обработки почвы и устройство для его осуществления: пат. 2412573 / В. И. Клименко. – Оpubл. 27.02.2011.
6. Способ подготовки семенного ложа: пат. 2395951 / В. И. Клименко. – Оpubл. 10.01.2010.
7. Дисковый почвообрабатывающий орган: пат. 96310 / В. И. Клименко. – Оpubл. 27.07.2010.
8. Устройство для предпосевной обработки почвы: пат. 97025 / В. И. Клименко. – Оpubл. 27.08.2010.
9. Протокол оценки конструкции и показателей назначения агрегата почвообрабатывающего мульчирующего АПМ-6ДН и агрегатов универсальных комбинированных АДУ-6АКД и АДУ-6АКЧ. – Привольный: Белорус. машиноиспытательная ст., 2011. – С. 22.