

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОУДОБРЕНИЙ В БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ ПРЕЦИЗИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САДОВЫХ КУЛЬТУР

Коновалов С.Н., канд. биол. наук, Петрова В.И.

Государственное научное учреждение Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Россельхозакадемии (Москва)

Реферат. На дерново-подзолистых почвах Московской области изучена эффективность минеральных, органических и бактериальных удобрений в интенсивном саду яблони на клоновых подвоях. Установлены сортовые различия в отзывчивости растений яблони на применение различных типов удобрений. Показано влияние удобрений на вегетативный рост, развитие, плодоношение растений яблони и на биохимический состав плодов.

Ключевые слова: яблоня, минеральные, бактериальные органические удобрения, вегетативный рост, продуктивность, биохимический состав плодов

Summary: On the podsolic soils of the Moscow region the efficiency of mineral, organic and bacterial fertilizers in an intensive garden of an apple-tree on clonal stocks is studied. Varietal distinctions in response of plants of an apple-tree on application of various types of fertilizers are established. Influence of fertilizers on vegetative growth, development, fruit bearing of apple-tree plants and on biochemical composition of fruits is shown.

Key words: apple- tree, mineral, bacterial and organic fertilizers, vegetative growth of plants, productivity, biochemical composition of fruits

Введение. Загрязнение окружающей среды, энергоёмкость производства минеральных удобрений, последствия глобализации экономики привели к поиску альтернативных систем ведения сельского хозяйства, ориентированных на биологизацию земледелия, разработку экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на основе применения современных форм органических, органо-минеральных и бактериальных удобрений. Экологическое земледелие предполагает широкое применение органических удобрений, биопрепаратов, природных мелиорантов, энерго- и ресурсосберегающих технологий возделывания, направлено на сохранение естественного плодородия почв, природных экосистем, получение экологически чистой продукции и является перспективной формой хозяйствования [1].

В странах с развитой экономикой большое внимание уделяется экологически ориентированному органическому земледелию, которое предусматривает ограничение или полный отказ от использования минеральных удобрений и химических средств защиты растений, оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую среду и накапливающихся в остаточных количествах в сельскохозяйственной продукции.

С 1990-х годов разрабатываются критерии, согласно которым сельскохозяйственное производство и выращиваемую продукцию можно отнести к органическим. Разработаны нормативы органической продукции [2] и стандарты органического земледелия [3]. Соблюдение их за рубежом контролируется специализированными сертифицирующими союзами и организациями на основе соответствующего законодательства. В РФ принципы и методология экологического земледелия разработаны в научных трудах российских сельскохозяйственных учёных.

В последние десятилетия отечественные производители сельскохозяйственной продукции из-за нехватки ресурсов были вынуждены сокращать применение в технологиях возделывания доз минеральных удобрений и химических средств защиты

растений, из-за чего содержание в почве остаточных количеств пестицидов и других агрохимикатов снижалось. На почвах этих территорий в настоящее время возможно и экономически целесообразно применение технологий возделывания с минимизированным применением необходимых доз минеральных удобрений, обеспечивающих сохранение почвенного плодородия, и пестицидов [4], замена их внесением биоорганических удобрений, применением биологических препаратов и средств защиты растений.

Для этих целей могут найти широкое применение биопрепараты, содержащие живые культуры специально отобранных полезных микроорганизмов с заданными контролируемыми свойствами [5]; микроорганизмы - азотфиксаторы, арбускулярные грибы, эндофитные и ризосферные бактерии, которые обеспечат повышение эффективности функционирования деятельности микрофлоры корнеобитаемой зоны почвы, ризосферы и корневых систем растений. Это будет достигаться за счёт формирования ассоциаций микроорганизмов почвы на основе филогенетической и функциональной структуры метагенома, создания растительно-микробных систем на уровне нанопространства и сигналинга, генетической интеграции агрономически полезных микроорганизмов и растений путём применения нового поколения биопрепаратов и биоудобрений, монокультур и консорциумов микроорганизмов [6-9].

Недостатком биологической системы земледелия является снижение, в сравнении с традиционными системами земледелия, до 30 % урожайности сельскохозяйственных культур [10,11]. При биологической системе земледелия с применением только органических удобрений в почве происходит снижение содержания подвижных форм элементов минерального питания, так как без внесения минеральных удобрений не обеспечивается возвращение выносимых с урожаем питательных веществ.

Минеральное питание растений – важнейший фактор в управлении плодородием почв и продукционным процессом растений. В опытах И.С. Соловьева по изучению влияния уровней обеспеченности дерново-подзолистой почвы элементами минерального питания на растения яблони показано, что на высоком и очень высоком уровне фосфорного питания и среднем уровне калия рост и развитие растений яблони значительно ухудшается [12,13]. Существует прямая связь между вегетативной продуктивностью яблони и уровнем содержания в почве азота и обменного калия. Низкая обеспеченность почвы калием негативно отражается на росте деревьев. Поэтому применительно к системам удобрения садовых насаждений целесообразно оптимальное интегрированное совмещение элементов биологических и традиционных систем земледелия.

Органическая или комбинированная органоминеральная системы удобрения садов весьма эффективны, имеют большое практическое значение и давно применяются в промышленном садоводстве. Так, на выщелоченном чернозёме и на серых лесных почвах (Украина) многолетнее применение органических удобрений (навоза), особенно в засушливые годы, по эффективности не уступало или превосходило внесение минеральных удобрений [14].

Работ по изучению применения бактериальных удобрений под плодовые культуры, выращиваемые на дерново-подзолистых почвах, мало. Опубликованы данные института плодородия НАН Беларуси по изучению влияния активных форм ассоциативных diaзотрофов и силикатных бактерий на рост и плодоношение яблони сорта Чаровница на клоновом полукарликовом подвое, выращиваемой на дерново-подзолистой почве [15]. По данным авторов, применение силикатных бактерий в виде препарата ВРЕ китайского производства, а также Азотобактерина привело к увеличению диаметра штамба деревьев, площади листа, увеличению массы плодов, содержанию в них сухих и пектиновых веществ, аскорбиновой кислоты и сахаров.

Эффективность вносимых в почву бактериальных биопрепаратов лимитирована активной конкурентной деятельностью аборигенной почвенной микрофлоры, обусловленной гомеостазом почвы как сложноорганизованной гетерогенной системы. Очевидно, что целенаправленная ассоциативная локализация в ризосфере позволит повысить отзывчивость растений на биопрепараты, снизить нагрузку на почву. Необходима разработка специальных технологических приёмов применения биопрепаратов с учётом сортовой и видовой специфики возделываемой культуры, особенностей микробиологических показателей почв, почвенно-климатических особенностей, режимов и других факторов.

Целью наших исследований являлось выявление наиболее эффективных способов и технологических приёмов совместного применения минеральных и биоудобрений в интенсивных насаждениях яблони на клоновых подвоях.

Объекты и методы исследований. Полевой опыт заложен весной 2006 года в отделении яблони на дерново-подзолистой почве окультуренной среднесуглинистой на покровных суглинках. Объект исследований - яблони. сортов: Спартан, Антоновка на подвое 62-396. Год посадки сада - 2001. Расположение делянок по вариантам рендомизированное. Площадь удобряемых делянок – 6 м² и 4,5 м² (сорта Антоновка и Спартан, соответственно). Почва – Кислотность почвы РН_{КС1} 6,2, содержание в почве щелочногидролизующего азота по Корнфилду N_{л/г} – 7,22, подвижной (по Кирсанову) P₂O₅ – 62,0, подвижного K₂O – 9,5 мг/100 г сухой почвы.

Варианты опыта:

1. Без удобрения (контроль I); 2. N₁P₁K₁ – в форме тука; 3. N₁P₁K₁ – в торфяных гранулах ; 4. N₂ P₁K₂ – в форме тука; 5. N₂ P₁K₂ – в торфяных гранулах ; 6. N₁ P₁K₁ + Экстрасол в торфяных гранулах; 7. N₁P₁K₁ + Амукор в гранулах; 8. N₁P₁K₁ + Биогумус; 9. N₁P₁K₁ + Биоплан

С целью обеспечения сбалансированного минерального питания растений, отвечающего биологической потребности яблони, были смоделированы различные уровни соотношения азотного (60 и 120 кг д.в./га), калийного (75 и 150 кг д.в./га) и фосфорного (P₁ – 90 кг д.в./га) питания. Вносили N_{аа}, P_{сд}, K_с.

Для локального внесения удобрений в траншеи по проекции кроны деревьев наряду с традиционными минеральными удобрениями были приготовлены гранулированные удобрения, содержащие торф, минеральные вещества, в дозах соответственно схеме опыта. Для обеспечения прочности гранул и снижения вымывания из них питательных элементов при изготовлении смеси торфа с минеральными веществами была использована карбоксилметилцеллюлоза (КМЦ) – 4 %. После подсушивания гранулы вносили в почву локально, в траншеи на глубину 15 см. Такой способ внесения предполагает более медленное и эффективное их расходование за счёт уменьшения конкуренции аборигенной почвенной микрофлоры, в том числе непроизводительное, связанное с вымыванием и потерями азота на денитрификацию.

Кроме минеральных удобрений, в вариантах с биологизированными способами удобрения были внесены биопрепараты Амусог, Экстрасол, Биогумус и Биоплан.

Amucor – препарат микоризного AM-гриба, представленный компанией Amucor GmbH (Германия). Препарат улучшает рост микотрофных растений, повышает их толерантность к стрессовым абиотическим и биотическим факторам, повышает усваивание питательных веществ, за счёт этого позволяет сократить расход удобрений. Доза внесения – 300 г /делянку.

Экстрасол – биопрепарат на основе бактерий *Bacillus Subtilis*. Титр живых клеток – 100 млн. кое/мл. Бактерии, входящие в состав биопрепарата, обладают способностью фиксировать азот, синтезируют гормоны роста и витамины, подавляют развитие болезнетворных микроорганизмов, переводят в доступные формы соединения фосфора, что оказывает положительное влияние на их общее состояние и урожайность. Доза внесения – 50 см³ (10% суспензия рабочего раствора) на делянку.

Биогумус – биоорганическое удобрение – продукт переработки навоза, представляет собой мелкогранулированную сыпучую массу, в котором содержится комплекс необходимых растениям питательных веществ, микроэлементов, ферментов, витаминов, гуминовых веществ. Содержание N не менее 800 мг/100 г сухого вещества, P₂O₅ – не менее 900 мг, K₂O – 800 мг/100 г сухого вещества, а также микроэлементы: Mg, Fe, B, Mn, Mo, Zn. Норма внесения – 5,3 кг/делянку.

Биоплан – бактериальный препарат, предоставленный кафедрой микробиологии РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева. Биоплан вносили согласно рекомендациям МСХА методом полива поверхности подкрановой зоны почвы в дозе 100 см³ на 10 л воды (1:100) с последующим фрезерованием почвы.

В опыте проводились биометрические учёт вегетативного роста растений, продуктивности, определялся биохимический состав плодов, содержание хлорофилла в листьях, биологическая активность почвы (апликационным методом), содержание N, P, K в почве и в листьях растений, содержание нитратных и аммонийных форм азота в почве, содержание нитратов в плодах.

Обсуждение результатов. Увеличение диаметров штамбов растений яблони в большой степени зависело от сорта и от способа внесения удобрений (табл. 1). Преимущественно данный показатель вегетативного развития растений был лучше на вариантах с совместным внесением умеренных доз минеральных удобрений с биопрепаратами.

Таблица 1 – Влияние различных форм и способов внесения удобрений на суммарное увеличение диаметров штамбов растений яблони, сорта Спартан, Антоновка, 2006-2009 гг.

| № п/п | Варианты опыта | Увеличение диаметра штамба, мм | |
|-------|--|--------------------------------|-----------|
| | | Спартан | Антоновка |
| 1. | Без удобрения (контроль) | 9,7 | 11,3 |
| 2. | N ₁ P ₁ K ₁ – в форме тука | 8,7 | 12,7 |
| 3. | N ₁ P ₁ K ₁ – в торфяных гранулах | 8,7 | 12,7 |
| 4. | N ₂ P ₁ K ₂ – в форме тука | 7,3 | 12,3 |
| 5. | N ₂ P ₁ K ₂ – в торфяных гранулах | 7,7 | 13,3 |
| 6. | N ₁ P ₁ K ₁ + Экстрасол в торфяных гранулах | 8,3 | 14,0 |
| 7. | N ₁ P ₁ K ₁ + Амуког в гранулах | 8,7 | 10,3 |
| 8. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биогумус | 8,3 | 11,3 |
| 9. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биоплан | 10,3 | 13,0 |

Вегетативный рост растений яблони сорта Спартан на фоне двойных доз азотного удобрения был хуже, чем при внесении Биогумуса (табл. 2). Внесение Биогумуса на

яблоне сорта Антоновка обеспечило наибольший урожай из всех изученных вариантов опыта (табл. 3).

Таблица 2 – Влияние различных форм и способов внесения удобрений на суммарный годовой прирост растений яблони, сорта Спартан, Антоновка, 2006 г.

| № | Вариант опыта | Сорт | | | |
|----|--|---------|--------------|-----------|--------------|
| | | Спартан | | Антоновка | |
| | | см | % к контролю | см | % к контролю |
| 1. | Без удобрения (контроль) | 867,2 | - | 1672,2 | - |
| 2. | N ₁ P ₁ K ₁ – в форме тука | 857,6 | - | 2169,5 | 130 |
| 3. | N ₁ P ₁ K ₁ – в торфяных гранулах | 941,1 | 109 | 1767,5 | 106 |
| 4. | N ₂ P ₁ K ₂ – в форме тука | 826,5 | - | 1788,5 | 107 |
| 5. | N ₂ P ₁ K ₂ – в торфяных гранулах | 821,6 | - | 1801,0 | 108 |
| 6. | N ₁ P ₁ K ₁ + Экстрасол в торфяных гранулах | 1017,5 | 117 | 2047,0 | 122 |
| 7. | N ₁ P ₁ K ₁ + Амукор в гранулах | 891,6 | 103 | 2038,7 | 122 |
| 8. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биогумус | 1111,5 | 128 | 2115,5 | 126 |
| 9. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биоплан | 917,0 | 106 | 1916,8 | 115 |

У растений яблони сорта Антоновка содержание пигментов в листьях зависело от удобрения в большей степени, чем у сорта Спартан, и достигало максимальных значений при применении двойных доз минерального азота или при внесении Биогумуса по фону одинарных доз минеральных удобрений (табл. 4).

Таблица 3 – Влияние различных форм и способов внесения удобрений на продуктивность растений яблони, сорта Спартан, Антоновка, 2007-2009 гг.

| № | Вариант опыта | Сорт | | | | | |
|----|--|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | Спартан | | | Антоновка | | |
| | | Масса яблук, кг/растение | Кол-во яблук, шт./растение | Масса 1-го яблока, кг/шт. | Масса яблук, кг/растение | Кол-во яблук, шт./растение | Масса 1-го яблока, кг/шт. |
| 1. | Без удобрения (контроль) | 14,7 | 118,2 | 0,128 | 16,0 | 88,5 | 0,188 |
| 2. | N ₁ P ₁ K ₁ – в форме тука | 14,6 | 119,0 | 0,127 | 18,1 | 100,0 | 0,182 |
| 3. | N ₁ P ₁ K ₁ – в торфяных гранулах | 16,3 | 126,0 | 0,134 | 18,4 | 97,5 | 0,197 |
| 4. | N ₂ P ₁ K ₂ – в форме тука | 15,2 | 115,5 | 0,134 | 17,4 | 98,3 | 0,179 |
| 5. | N ₂ P ₁ K ₂ – в торфяных гранулах | 16,4 | 129,4 | 0,135 | 17,9 | 101,1 | 0,207 |
| 6. | N ₁ P ₁ K ₁ + Экстрасол в торфяных гранулах | 16,1 | 126,8 | 0,130 | 17,3 | 93,7 | 0,197 |
| 7. | N ₁ P ₁ K ₁ + Амуког в гранулах | 15,3 | 119,4 | 0,139 | 18,1 | 94,9 | 0,211 |
| 8. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биогумус | 15,1 | 123,8 | 0,129 | 21,0 | 97,6 | 0,234 |
| 9. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биоплан | 15,5 | 122,2 | 0,133 | 17,0 | 97,5 | 0,202 |

Биохимический состав плодов зависел от удобрения в большей степени у яблук сорта Антоновка. Содержание в яблоках этого сорта аскорбиновой кислоты с повышением доз минеральных удобрений, а также при внесении биоудобрений имело тенденцию к снижению. В целом на фоне биологизированных способов удобрения биохимический состав яблук обоих изученных сортов отличался хорошими показателями.

Применение минеральных и биоудобрений в целом повысило активность целлюлозоразрушающей почвенной микрофлоры (табл. 5). Влияние внесения Биогумуса на данный показатель микробиологической активности почвы было примерно на том же уровне, что и для бактериальных или микоризного биопрепаратов.

Таблица 4 – Влияние различных форм и способов внесения удобрений на содержание хлорофилла в листьях растений яблони, сорта Спартан, Антоновка, среднее за 2007-2009 гг.

| № | Вариант опыта | Спартан | Антоновка |
|----|--|---|-----------|
| | | Хлорофилл (а+в), мг/г массы сырых листьев | |
| 1. | Без удобрения (контроль) | 11,2 | 12,9 |
| 2. | N ₁ P ₁ K ₁ – в форме тука | 12,4 | 12,8 |
| 3. | N ₁ P ₁ K ₁ – в торфяных гранулах | 11,5 | 12,5 |
| 4. | N ₂ P ₁ K ₂ – в форме тука | 11,2 | 13,1 |
| 5. | N ₂ P ₁ K ₂ – в торфяных гранулах | 11,4 | 12,5 |
| 6. | N ₁ P ₁ K ₁ Экстрасол + в торфяных гранулах | 10,0 | 12,7 |
| 7. | N ₁ P ₁ K ₁ Амуког + в гранулах | 11,1 | 12,8 |
| 8. | N ₁ P ₁ K ₁ Биогумус + | 10,2 | 13,1 |
| 9. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биоплан | 10,8 | 12,8 |

Таблица 5 – Влияние различных форм и способов внесения удобрений на активность целлюлозоразрушающих бактерий почвы под яблоней, сорт Спартан, 2007 г.

| № п/п | Варианты опыта | Глубина, см | Убыль массы клетчатки | |
|-------|--|-------------|-----------------------|-------|
| | | | г | % |
| 1. | Без удобрения (контроль) | 0-10 | 0,63 | 20,2 |
| | | 10-20 | 0,58 | 18,7 |
| | | 20-30 | 1,21 | 38,9 |
| 2. | N ₁ P ₁ K ₁ – в форме тука | 0-10 | 1,26 | 40,5 |
| | | 10-20 | 1,43 | 45,9 |
| | | 20-30 | 2,69 | 86,4 |
| 3. | N ₁ P ₁ K ₁ – в торфяных гранулах | 0-10 | 1,22 | 39,3 |
| | | 10-20 | 1,63 | 52,4 |
| | | 20-30 | 2,85 | 91,7 |
| 4. | N ₂ P ₁ K ₂ – в форме тука | 0-10 | 1,42 | 45,7 |
| | | 10-20 | 1,76 | 56,6 |
| | | 20-30 | 3,18 | 102,3 |
| 5. | N ₂ P ₁ K ₂ – в торфяных гранулах | 0-10 | 1,32 | 42,4 |
| | | 10-20 | 1,86 | 59,8 |
| | | 20-30 | 3,18 | 102,2 |
| 6. | N ₁ P ₁ K ₁ + Экстрасол в торфяных гранулах | 0-10 | 1,55 | 49,8 |
| | | 10-20 | 1,73 | 55,6 |
| | | 20-30 | 3,28 | 105,4 |
| 7. | N ₁ P ₁ K ₁ + Амыкор в гранулах | 0-10 | 1,78 | 57,2 |
| | | 10-20 | 1,50 | 48,2 |
| | | 20-30 | 3,28 | 105,4 |
| 8. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биогумус | 0-10 | 1,77 | 56,9 |
| | | 10-20 | 1,52 | 48,9 |
| | | 20-30 | 3,29 | 105,8 |
| 9. | N ₁ P ₁ K ₁ + Биоплан | 0-10 | 1,27 | 40,8 |
| | | 10-20 | 1,30 | 41,8 |
| | | 20-30 | 2,57 | 82,6 |

Содержание нитратов в плодах во всех вариантах опыта не превышало ПДК и было заметно выше в плодах сорта Спартан.

Выводы. Применение биологизированных приёмов внесения умеренных доз минеральных удобрений обеспечивает оптимальное минеральное питание растений яблони, хороший рост, развитие и плодоношение растений, высокие биохимические показатели качества и экологической безопасности плодов, способствует активизации микробиологических процессов в почве.

Литература

1. Адрианова Г.П., Драгавцева И.А., Зелепухин В.Д. и др. Экологизация садоводства в Краснодарском крае и в южных регионах Казахстана/ СКЗНИИСиб. – Краснодар, 2004. – 141 с.
2. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 26 от 21 апреля 2008 г. "Об утверждении СанПиН 2.3.2.2354-08", г. Москва, "РГ", Федеральный выпуск №4674 от 31.05.2008 г.
3. REGULATIONS. Council Regulation (EC) №834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) № 2092/91. Official Journal of the European Union. 20.7.2007. – L189/1-L189/23.
4. Дорошенко Т.Н. Плодоводство с основами экологии. Краснодар, 2002. – 268 с.

5. Петров В.Б., Чеботарь В.К., Казаков А.Е. Микробиологические препараты в биологизации земледелия России/ Достижения науки и техники АПК, 2002, №10. – с. 16-20.
6. Архипченко И.А. Производство и применение микробного гранулированного удобрения Бамил/Докл. РАСХН. – 1996. - №2. – с. 32-34.
7. Иванов А.Л., Завалин А.А. Приоритеты научного обеспечения земледелия/ Земледелие, №7, 2010. – с. 3-6.
8. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агроэкосистем будущего. – С.-Пб.: Изд-во С.-ПбГУ, 2009. – 2010 г.
9. Тихонович И.А., Круглов Ю.В., Кожемяков А.П., Пароменская Л.Н., Белимов А.А., Борисов А.Ю. Микробиологические аспекты восстановления техногенно загрязнённых почв и повышения качества сельскохозяйственной продукции/ Достижения науки и техники АПК, 2002, №10. – с. 8-12.
10. Прижуков Ф.Б. Агрохимические аспекты альтернативного земледелия. М., ВНИИТЭИагропром, 1989. – 52 с.
11. Прижуков Ф.Б., Черепанов Г.Г. Альтернативное земледелие: опыт и проблемы. М., ВНИИТЭИагропром, 1991. – 49 с..
12. Соловьёв И.С. Влияние способа местного предпосадочного удобрения на рост и плодоношение яблони на дерново-подзолистых почвах. – Дис. ... к. с.-х. н., М., 1970. – 158 с.
13. Соловьёв И.С. Влияние уровней обеспеченности почвы элементами питания на клоновые подвои яблони. Сб. научных трудов. Достижения в плодоводстве в нечерноземной зоне. М., 1991. С. 86–93.
14. Рубин С.С., Попова Н.Е. Отзывчивость яблони на органические и минеральные удобрения в зависимости от условий погоды (результаты 37-летних опытов)/Удобрение многолетних насаждений: Тр. ВИУА, вып. 52, М., 1971. – с. 47-63.
15. Рябцева Т.В., Капичникова Н.Г. Эффективность биологических и минеральных удобрений в саду яблони. Сборник научных работ «Плодоводство и ягодоводство России». ВСТИСП, Т. 12. М., 2005.
16. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – ВНИИА, М., 2005. – 301 с.