

лось их примененис. В связи с этим улучшение гумусногo состояния, более того, поддержание его на настоящем уровне за счет внесения навоза не представляется возможным.

С целью приостановления деградации почвенного покрова на основе результатов длительных (с 1975 и 1987 гг.) исследований на кафедре почвоведения, агрохимии и агроэкологии Ульяновской ГСХА разработана агроэкологическая концепция воспроизводства плодородия чернозема лесостепи Поволжья, которая предполагает максимальное накопление биогенных ресурсов в агроэкосистемах и создание условий их трансформации в таком направлении, которые бы обеспечили оптимальную продуктивность и устойчивость агробиогеоценозов.

Решение проблемы возможно за счет оптимизации структуры использования пашни и севооборотов, систем обработки почвы, удобрений и защиты растений. При этом наиболее продуктивными, экономически и энергетически эффективными в условиях области являются плодосменные (с выводным полем люцерны, горохом и озимыми культурами)

и зернопашные севообороты. Наиболее благоприятные условия для гумификации и закрепления вновь образованных гумусовых веществ в почве создаются при комбинировании в севообороте систем обработки почвы в соответствии с требованиями культур. В связи с этим, несмотря на значительную долю изъятия биогенных ресурсов из агроэкосистемы, только комбинированная в севообороте система обработки почвы способствует стабилизации гумусного состояния чернозема выщелоченного. Градиент падения содержания гумуса по этому варианту выражается уравнением $y = -0,045x + 5,10$, тогда как по отвальной системе обработки – $y = -0,225x + 5,34$.

Увеличение доли многолетних бобовых трав в области до 250 тыс. га, промежуточных культур и сидератов до 150 тыс. га, использование в качестве удобрения до 60% производимой соломы и практическое внедрение комбинированной в севообороте систем обработки почвы позволит стабилизировать содержание и запасы гумуса на настоящем уровне.

УДК 635.656:631.8

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА ТАЛОВЕЦ 70

Н.Н. Андреев, ст. преподаватель, Л.И. Скалкина, доцент, кандидаты сельскохозяйственных наук

Средне-Волжский регион – крупнейший производитель товарного гороха в Российской Федерации. Но урожайность гороха в регионе сравнительно невысокая и неустойчивая. Одной из причин плохого роста и развития гороха очень часто является недостаточное содержание в почве усвояемых растениями молибдена и марганца. Следует учитывать также и то, что новые высокопродуктивные сорта имеют интенсивный метаболизм, который требует достаточной обеспеченности элементами питания – форм и способов применения макро-, и микроэлементов и бактериальных удобрений.

В настоящее время в России и за рубежом накоплен довольно обширный материал по применению микроэлементов, бактериальных удобрений и фиторегуляторов в растениеводстве (Я.В. Пейве, 1963; А.А. Залялов, 1983; Б.А. Ягодин и др., 1987, 1988; И.А. Гайсин, 1989; П.И. Анспок, 1990; В.А. Исайчев, 1997; В.И. Костин, 1998, 1999; Ф.Д. Самуилов, 1997, 1999, 2000, 2001). Однако в региональных условиях лесостепи Поволжья еще нет достаточно данных для обоснования теоретических и практических выводов по влиянию различных сочетаний микроэлементов, бактериальных удобрений и других соединений, в частности пектина, на

жизнедеятельность гороха. В связи с этим нами проведены исследования по изучению применения микроэлементов совместно с бактериальными удобрениями и пектина из *Amaranthus cruentus* в качестве фиторегулятора гороха.

Предпосевная обработка семян выгодно отличается от других приемов экологической чистотой и низкой энергоемкостью. Она не требует больших затрат ручного труда, легко вписывается в технологию возделывания гороха, высокоэкономична, может быть использована на всех посевных площадях гороха.

Исследования проводились с 1998 года в лабораторных, полевых и производственных условиях с горохом сорта Таловец 70 на опытном поле Ульяновской государственной сельхозакадемии, производственные – в учхозе УГСХА и ТОО «Родина» Цильнинского района.

Полевые опыты закладывались в 4-х кратном повторении на делянках с учетной площадью 20 м² в соответствии с методикой и техникой постановки полевых опытов на стационарных участках.

Схема опыта

1. Контроль (необработанные семена)
2. Пектин

Таблица 1. Общий и активный симбиотический потенциал гороха за вегетацию, кг дней/га

	Пектин	Мелафен $\times 10^{-8}$	П+Риз.	П+Мо	П+Мп	П+Мо+ Мп	П+Мо+ Мп +Риз	П+Мо + Риз
ОСП								
5295	10639	10707,5	11927,5	11234,5	11178	11417,5	12236	12045,5
АСП								
3755	8275	8057,5	9040	8536,5	8482	8688	9326	9211

3. Мелафен $1 \cdot 10^{-8}$

4. Пектин + инокуляция (ризоторфином)

5. Пектин + Мо

6. Пектин + Мп

7. Пектин + Мо + Мп

8. Пектин + Мо + Мп + инокуляция (ризоторфином)

9. Пектин + Мо + инокуляция (ризоторфином).

Инокуляцию ризоторфином семян и обработку их пектином из *Amaranthus cruentus*, мелафеном $1 \cdot 10^{-8}$, молибденовокислым аммонием, сульфатом марганца (0,05% растворами из расчета 2 л на 1 ц семян гороха) проводили в день посева (за 16-18 часов).

Проведенные исследования показали, что под действием пектина в сочетании с молибденом происходит наибольшее увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян гороха. В зависимости от варианта энергия прорастания увеличивалась на 0,5-5%, лабораторная всхожесть – на 0,6-3,6%.

Используемые вещества повышают полевую всхожесть гороха на 2,6-6,3% при различных погодных условиях. По данным показателям выведена статистическая модель следующего вида:

$Y_1 = -221,22 + 5,23x - 2,8x^2$ (x – энергия прорастания)

$Y_2 = -323,95 + 7,12x - 3,66x^2$ (x – лабораторная всхожесть).

Таким образом, усиление ростовых процессов под воздействием пектина и микроэлементов происходит как в лабораторных, так и в полевых условиях, что очень важно при возделывании гороха в условиях лесостепи Поволжья.

Итак, несмотря на наличие в почве опытного поля спонтанных клубеньковых бактерий, инокуляция семян пектином, микроэлементами и ризоторфином оказала положительное влияние на сроки образования клубеньков, продолжительность симбиоза и размеры симбиотического аппарата. По результатам исследований наилучшими оказались следующие варианты: пектин + ризоторфин; пектин + Мо + Мп + ризоторфин и пектин + Мо + ризоторфин. Продолжительность общего симбиоза от используемых факторов увеличилась на 3-5 дней, активного – на 2-5 дней. Масса клубеньков увеличивалась в 2-2,5 раза.

Показателем, обобщающим величину симби-

отического аппарата, является симбиотический потенциал (СП). Этот показатель включает в себя два критерия азотфиксации: массу клубеньков и продолжительность их функционирования. Общий симбиотический потенциал (ОСП) учитывает всю массу клубеньков, а активный (АСП) – массу клубеньков с леггемоглобином (табл.1).

Разница в продолжительности общего и активного симбиоза свидетельствует о том, что наличие клубеньков само по себе еще не способствует фиксации азота воздуха. Для этого необходимо, чтобы клубеньки были активными, т.е. содержали леггемоглобин.

В наших опытах содержание леггемоглобина в клубеньках увеличивалось на 0,4-0,7 мг/кг сырых клубеньков.

Математическая обработка данных свидетельствует, что существует связь между массой клубеньков, содержанием леггемоглобина и урожайностью. Характер связи выражен в большей степени в форме параболы и имеет криволинейную зависимость, где корреляционные отношения соответственно равны $r = 0,92$, $r = 0,87$.

Выведена статистическая модель по каждому показателю:

$Y_1 = 0,654 + 0,26x - 7,60x^2$ (x – масса клубеньков)

$Y_2 = -53,13 + 38,86x - 4,49x^2$ (x – содержание леггемоглобина).

Таким образом, инокуляция семян, особенно совместно с пектином, молибденом и ризоторфином способствовала увеличению массы клубеньков в течение всей вегетации, а также увеличению содержания в них леггемоглобина.

Исследования показали, что максимальное содержание азота в растениях наблюдалось в фазу всходов и стеблевания. Лучшее усвоение азота именно в эти фазы развития можно объяснить повышением интенсивности дыхания семян при их прорастании, а также необходимостью большого количества белка для построения тканей растения. Начиная с фазы бутонизации, происходило постепенное снижение содержания азота в биомассе. В фазу налива семян количество азотистых веществ в биомассе снизилось максимально. Это связано с оттоком его в репродуктивные органы, что важно для формирования урожая с высоким содержанием белка. В эту фазу в репродуктивных органах шло



1 – Контроль; 2 – Пектин; 3 – Мелафен $\times 10^8$; 4 – Пектин + Риз.; 5 – Пектин + Мо; 6 – Пектин + Мп; 7 – Пектин + Мо + Мп; 8 – Пектин + Мо + Мп + Риз.; 9 – Пектин + Мо + Риз.

Рис. 1. Влияние пектина и микроэлементов на содержание нитратов в семенах гороха, мг/кг.

увеличение азота, особенно в варианте совместного применения пектина, молибдена и марганца.

Результатами исследований также установлено, что под влиянием ростовых веществ происходит уменьшение содержания нитратов в семенах. Наибольшее снижение содержания нитратов было в варианте сочетанного применения пектина, молибдена и марганца – на 5 мг/кг (рис. 1)

Следует отметить, что тенденция накопления фосфора в растениях гороха аналогична накоплению азота, следовательно, используемые факторы положительно влияют на активацию фосфорного обмена. Интенсификация процессов поступления и передвижения фосфора имеет значение для формирования стимулирующего эффекта.

Мы также установили, что в фазу всходов содержание калия было максимальным как в контрольном, так и в опытных вариантах. В течение вегетации его содержание в вегетативных и репродуктивных органах уменьшается. Наименьшее содержание калия в органах гороха было в фазу налива семян, это связано с тем, что он вымывается осадками, а также вследствие передвижения питательных веществ к концу созревания.

Таким образом, под воздействием химических факторов происходит улучшение минерального питания в растениях гороха, что ведет к повышению продуктивности и улучшению качества продукции.

На поступление микроэлементов в растения и аккумуляцию их в тех или иных органах растений влияет, прежде всего, степень обеспеченности растений азотом, фосфором, калием и другими элементами питания (Р.Я. Камлет, 1975; Н.М. Городной, А.Г. Сердюк, 1977), хотя в наших опытах не удалось проследить какой-либо закономерности, т.к.

удобрения нами не использовались.

В результате исследований выявлено также, что содержание таких микроэлементов, как железо, марганец, молибден по фенофазам имеет тенденцию к снижению во всех вариантах опыта; содержание цинка, меди, кобальта колеблется по фазам развития гороха. Тенденция к увеличению наблюдается в содержании йода, причем увеличение происходит только в биомассе, в репродуктивных же органах содержание йода уменьшается. По степени накопления в биомассе с фазы всходов до цветения изучаемые микроэлементы составили ряд: $Fe > Mn \geq Mo > Zn > Cu > Co > J$. Начиная с фазы налива семян, элементарный ряд по содержанию микроэлементов в биомассе и семенах принимает следующий вид: $Fe > Zn > Mn \geq Mo > Cu > Co > J$.

По данному элементарному ряду можно судить об избирательном накоплении микроэлементов растениями. Обнаруженная общая закономерность по содержанию микроэлементов в растениях гороха подтверждается исследованиями других авторов (З.С. Ковалевич, Г.П. Дубиковский, 1988). В наших исследованиях под влиянием используемых факторов общие закономерности данного процесса не изменяются, но наблюдается тенденция более интенсивного накопления отдельных микроэлементов, особенно в вариантах совместного применения пектина с молибденом, пектина с марганцем, пектина с молибденом и марганцем. По-видимому, это связано с взаимным влиянием одних элементов на изменение содержания других (антагонизм и синергизм ионов), что необходимо учитывать при решении вопроса оптимизации питания растений.

Большое влияние на урожайность оказывали метеорологические условия вегетационного пери-

ода. Увеличение урожайности связано не только с активацией жизнедеятельности на протяжении всего вегетационного периода и усилением ростовых процессов, но и с повышением устойчивости растений неблагоприятным факторам среды. Особенно это проявилось в засушливых условиях 1998-1999 гг.

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что пектин, микроэлементы и их сочетания оказывали положительное влияние на урожайность гороха. В годы с недостаточным количеством осадков максимальные прибавки по сравнению с контролем получены в вариантах совместного действия пектина с микроэлементами. Урожайность увеличивалась на 2,6- 3,4 ц/га в 1998 году и на 2,6-3,8 ц/га в 1999 году в зависимости от варианта.

Более высокая урожайность получена в 2000 г. с благоприятными погодно-климатическими условиями и высокоактивным бобово-ризобиальным симбиозом. Действие пектина и микроэлементов в условиях 2000 г. незначительно. Максимальная прибавка составила всего 0,6 ц/га.

Математическая обработка данных показывает, что различные факторы по разному взаимосвязаны с урожайностью. В наших исследованиях, на основании множественного корреляционного анализа, установлено, что урожайность в большей степени зависит от чистой продуктивности фотосинтеза, коэффициент детерминации составляет $D = 85,9\%$, частный коэффициент корреляции равен $r = 0,95$. В меньшей степени урожайность коррелирует с лабораторной всхожестью и энергией прорастания, коэффициенты соответственно составляют 4,8% и 1,27%. В зависимости от данных факторов статистическая модель выглядит следующим образом:

$$Y = 21,63 - 0,8 x_1 + 11,72 x_2, \text{ где}$$

x_1 – ЧПФ, x_2 – лабораторная всхожесть, множественный коэффициент корреляции $R = 0,96$, множественный коэффициент детерминации $D = 91,9\%$.

Семенная продуктивность растений зависит от числа бобов на растении, семян в бобе, массы 1000 се-

мян и других показателей структуры урожайности.

Структурно-морфологический анализ урожая гороха выявил, что пектин и микроэлементы оказывают положительное влияние на все элементы структуры урожайности.

Данные математической обработки показывают, что биологическая урожайность в большей степени зависит от числа бобов на 1 растении ($d = 47,73$, $r = 0,55$) и количества семян в бобе ($d = 14,44$, $r = 0,55$). Установлена статистическая модель с высокими коэффициентами множественной детерминации и корреляции ($D = 62,2$, $R = 0,79$):

$$Y = -32,65 + 14,4 x_1 + 4,20 x_2, \text{ где}$$

x_1 = число бобов на 1 растении;

x_2 = количество семян в бобе.

Таким образом, обработка семян пектином из амаранта и растворами микроэлементов является фактором, обеспечивающим повышение урожайности гороха.

Использование пектина и микроэлементов для предпосевной обработки способствует улучшению качества семян гороха, повышает их товарные и технологические качества.

Под влиянием факторов происходит увеличение содержания белка на 0,4-1,4 %. Наибольшее содержание белка наблюдается в варианте совместного применения пектина, молибдена, марганца и ризоторфина.

Исследованиями установлено, что между массовой клубеньков, содержанием леггемоглобина, ЧПФ и содержанием белка корреляционное отношение соответственно составляет $m_1 = 0,75$, $m_2 = 0,93$, $m_3 = 0,62$. Статистическая обработка экспериментального материала привела к уравнению, близкому к квадратичной параболы: $Y = a + b_1 x + b_2 x^2$.

Кривые, полученные для выявления зависимости белка от факторов, указанных выше, удовлетворяют данному уравнению и соответственно имеют следующий вид:

$$Y_1 = 34,79 - 0,21 x + 0,00069 x^2, \text{ где } x - \text{масса клубеньков, г;}$$

Таблица 2. Влияние пектина и микроэлементов на урожайность гороха, ц/га

Вариант	Урожайность				Прибавка	
	1998 г.	1999 г.	2000 г.	среднее	ц/га	%
Контроль	6,7	12,2	41,7	20,2	-	-
Пектин	9,2	14,9	41,8	22,0	1,8	8,9
Мелаф. $\times 10^{-8}$	10,9	15,3	42,1	22,8	2,6	12,9
П + Риз	9,2	14,5	40,9	21,5	1,3	6,4
П + Мо	10,0	15,3	41,3	22,2	2,0	9,9
П + Мп	10,1	16,0	42,2	22,8	2,6	12,9
П + Мо + Мп	10,1	14,8	42,3	22,4	2,2	10,9
П+Мо Мп+ Риз.	9,3	15,5	40,6	21,8	1,6	7,9
П + Мо + Риз.	9,4	12,0	42,4	21,3	1,1	5,4
НСР ₀₅	2,18	0,83	1,04			

Таблица 3. Влияние пектина и микроэлементов на фракционный состав белка гороха, %

Вариант	Глютелины	Альбумины	Глобулины	Сумма фракций
Контроль	11,2	25,8	29,6	66,6
Пектин	10,2	25,2	28,6	64,0
Мелаф. $\cdot 10^8$	9,2	24,1	27,5	60,8
П + Риз	12,1	26,9	30,4	69,4
П + Мо	11,5	26,3	29,8	67,6
П + Мп	10,1	24,8	28,6	63,5
П + Мо + Мп	13,8	28,5	31,8	74,1
П+Мо Мп+ Риз.	14,3	29,0	32,5	75,8
П + Мо Риз.	13,2	28,0	31,5	72,7

$Y_2 = 85,59 - 34,78x + 4,53x^2$, где x – содержание леггемоглабина;

$Y_3 = 349,7 - 117,42x + 9,19x^2$, где x – ЧПФ.

Для более полной характеристики биологической полноценности семян мы определяли аминокислотный скор по содержанию в белке незаменимых аминокислот.

Результаты исследований показали, что под влиянием используемых факторов происходит изменение аминокислотного сора от $1,2 \cdot 10^{-3}$ до $3,93 \cdot 10^{-3}$ %. Наилучшие результаты по данному показателю получены на варианте совместного применения пектина, молибдена и марганца. Под действием пектина с микроэлементами увеличивается содержание аминокислот. В варианте пектин + молибден + марганец сумма аминокислот выше контроля на 9,3 мг/кг. За счет увеличения содержания незаменимых аминокислот улучшается биологическая ценность самого белка. Проведенные исследования показывают, что фракционный состав белка гороха под действием применяемых химических факторов также изменяется по сравнению с контролем (табл. 3).

В среднем за годы исследований наибольшего значения содержание указанных фракций достигало в варианте совместного применения пектина с микроэлементами, а также пектина с микроэлементами и с ризоторфином. На этих вариантах содержание фракций увеличивалось по сравнению с контролем соответственно: глютелины – на 1,9- 2,9 %, альбумины – на 2,2-3,2 %, глобулины – на 2,0 -3,1 %.

Таким образом, пектин и микроэлементы являются факторами, способствующими повышению

урожайности и улучшению качества продукции. Наилучший эффект проявляется при совместной обработке пектином, молибденом и марганцем.

Наибольший экономический эффект производства продукции достигается в вариантах мелафена и пектин + марганец, в данных вариантах наибольший уровень рентабельности (выше контроля на 20,8 – 20,9%), наибольший условный чистый доход (выше контроля на 320 – 775 руб. с 1 га), наименьшая себестоимость (ниже контроля на 20,6 – 20,7 руб./ц). Уровень этих показателей очень важен при производстве продукции растениеводства в современных условиях ведения сельского хозяйства.

Энергетическая оценка показала, что применение мелафена $1 \cdot 10^{-8}$ и пектина с марганцем способствовало наибольшему увеличению коэффициентов энергетической эффективности производства зерна и биомассы гороха. В данных вариантах коэффициент энергетической эффективности производства зерна составил 1,34, а на производства биомассы – 3,25.

Анализируя все приведенные выше данные, можно сделать следующее предложение производству: для улучшения посевных качеств семян, минерального питания, повышения урожайности и улучшения качества продукции можно рекомендовать всем формам хозяйств в лесостепи Поволжья обработку семян гороха растворами пектина из *Amaranthus cruentus*, молибдатом аммония и сульфатом марганца. Концентрация растворов 0,05 % в расчете 2 л на 1 ц семян за 16-18 часов до посева. Обработку можно проводить протравителем семян ПС – 10 или вручную.