

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ, РИЗОБИАЛЬНОГО ИНОКУЛЯНТА И РЕГУЛЯТОРА РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОЛЕВОГО ГОРОХА

**И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, О. В. МАЛАШЕВСКАЯ**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 08.04.2021)*

*В комплексе факторов формирования урожая сельскохозяйственных культур и качества растениеводческой продукции важное значение имеет сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. Оптимизация системы микроэлементного питания растений позволяет оценить в полевых опытах действие и взаимодействие отдельных микроэлементов, установить экономически наиболее эффективные дозы микроудобрений под основные сельскохозяйственные культуры, возделываемые на дерново-подзолистых почвах. Повышение продуктивности зернобобовых за счет использования биологических регуляторов роста, которые обеспечивают не только экологическую чистоту, но и снижение энергетических затрат, является в данный момент актуальным в сельскохозяйственном производстве.*

*Приведена экономическая эффективность применения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве макро-, микро-, комплексных удобрений, регулятора роста и ризобияльного инокулянта при возделывании гороха полевого. Применение удобрений, ризобияльного инокулянта и регулятора роста существенно повышало чистый доход и рентабельность. При расчете экономической эффективности установлено, что все варианты опыта с применением удобрений, регулятора роста и ризобияльного инокулянта на горохе полевым были экономически выгодными. Наиболее высокий чистый доход был получен при применении ризобияльного инокулянта на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$ , который составил 133,7 доллар USD, при рентабельности 119,4 %. При применении комплексного АФК удобрения с В и Мо чистый доход и рентабельность составили 82,3 \$/га и 70,6 %. Чистый доход в вариантах при применении в фазу бутонизации препаратов МикроСтим В и Адоб В на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$  составил 99,9 и 100,8 \$/га.*

**Ключевые слова:** *горох полевой, урожайность, экономическая эффективность, удобрения, регуляторы роста, ризобияльный инокулянт.*

*In the complex of factors forming the yield of agricultural crops and the quality of crop production, balanced nutrition of plants with all the necessary macro- and microelements is important. Optimization of the system of microelement nutrition of plants makes it possible to evaluate in field experiments the action and interaction of individual microelements, to establish the economically most effective doses of micronutrient fertilizers for the main crops cultivated on sod-podzolic soils. Increasing the productivity of legumes through the use of biological growth regulators, which not only provide ecological cleanliness, but also reduce energy costs, is currently relevant in agricultural production.*

*The economic efficiency of application of macro-, micro-, complex fertilizers, growth regulator and rhizobial inoculant in the cultivation of field peas on sod-podzolic light loamy soil is given. The use of fertilizers, rhizobial inoculant and growth regulator significantly increased net income and profitability. When calculating the economic efficiency, it was found that all variants of the experiment with the use of fertilizers, growth regulator and rhizobial inoculant on field peas were economically profitable. The highest net income was obtained with the use of rhizobial inoculant against the background of  $N_{18}P_{63}K_{96}$ , which amounted to USD 133.7, with a profitability of 119.4 %. When complex NPK fertilizer with B and Mo was used, the net income and profitability amounted to \$ 82.3 / ha and 70.6 %. The net income in variants with application in the budding phase of preparations MicroStim B and Adob B against the background of  $N_{18}P_{63}K_{96}$  amounted to \$ 99.9 and \$ 100.8 / ha.*

**Key words:** *field peas, yield, economic efficiency, fertilizers, growth regulators, rhizobial inoculant.*

### **Введение**

В комплексе факторов формирования урожая сельскохозяйственных культур и качества растениеводческой продукции решающее значение имеет сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. По данным Института почвоведения и агрохимии, применение микроэлементов в системе удобрения сельскохозяйственных культур способствует повышению эффективности минеральных удобрений, прежде всего азотных. Возрастающая роль микроэлементов в современном сельском хозяйстве Беларуси объясняется также снижением их подвижных форм в почве в связи с отрицательным балансом, обусловленным снижением почвенной кислотности, постоянным выносом урожаями и невнесением микроудобрений в почву. Микроэлементы активно участвуют во многих важнейших биологических и биохимических процессах развития растений, входят в состав ферментов, ростовых и других веществ. Они принимают участие в процессах синтеза и передвижения углеводов, в белковом и жировом обмене веществ. В условиях дефицита микроэлементов нарушаются процессы обмена веществ в растениях, задерживается их развитие, снижается устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды и болезням [1].

По данным исследований О. И. Мишуры, борное микроудобрение с регулятором роста ЭлеГум Бор повышало урожайность семян гороха на фоне  $N_{30}P_{60}K_{90}$  в среднем на 4,7, Витамар 3 – на 4,8 ц/га,

Басфолиар 36 Экстра – на 4,7 и Эколист для зернобобовых культур – на 5,3 ц/га. Некорневые подкормки удобрениями ЭлеГум Бор, Витамар, Басфолиар 36 Экстра и Эколист для зернобобовых культур увеличивали прибыль и рентабельность по сравнению с фоном  $N_{30}P_{60}K_{90}$ . Максимальная прибыль была при применении Витамар и Эколист для зернобобовых культур, которая составила 229,1 и 238,3 USD /га при рентабельности 187,5 и 189,3 % [2].

Характер влияния регуляторов роста и развития зависит от фона минерального питания. Регуляторы роста могут усиливать поступление элементов питания в корневую систему – при их применении можно снижать дозы удобрений. В ходе проведенных исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в БГСХА установлено, что более сильное действие регуляторов роста проявляется при средних дозах удобрений. Применение средних доз удобрений в сочетании с регуляторами роста обеспечивало получение таких же урожаев, как и при внесении повышенных доз, что позволяет снижать дозы минеральных удобрений на 25 % и является важным элементом ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур [5].

Наряду с регуляторами роста для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур большое значение имеют микроэлементы. Недостаточное содержание их подвижных форм в почве зачастую является лимитирующим фактором формирования урожая сельскохозяйственных культур и качества растениеводческой продукции. Горох, как и все зернобобовые культуры, испытывает большую потребность в микроэлементах [3].

В полевом опыте Н. Е. Новиковым изучено влияние некорневой подкормки гороха в фазе формирования бобов азотом (карбамидом) и комплексом питательных веществ (террафлексом), регуляторами роста (Эпином-экстра, Цирконом), а также совместного применения регуляторов роста и некорневой подкормки на урожайность и накопление сырого протеина в семенах. Установлено одинаковое положительное влияние на урожайность некорневой подкормки растений карбамидом и террафлексом. Действие регуляторов роста в разные по погодным условиям годы было нестабильным. Повышение урожайности определялось положительным влиянием подкормки на ростовые и фотосинтетические показатели гороха без снижения содержания белка в зерне, террафлекс снижал белковость семян на 0,8 % [4].

К рациональным приемам использования микроэлементов относятся такие, при которых с наименьшими затратами можно получить высокие прибавки урожая и улучшить качество сельскохозяйственной продукции. Разработаны и применяются настоящее время такие эффективные способы, как обработка семян и некорневые подкормки. Наиболее эффективным способом применения микроудобрений являются некорневые подкормки, так как они позволяют обеспечить растения микроэлементами в периоды, когда в них ощущается максимальная потребность [6].

Основной принцип оценки экономической эффективности использования удобрений – это сопоставление эффекта, полученного при их применении в виде дополнительного урожая. Для определения прибыли предварительно рассчитывается стоимость прибавки урожая, полученного за счет удобрений, и затраты на получение прибавки от удобрений [5, 7].

Цель исследований – изучить влияние применения удобрений, регуляторов роста и инокуляции семян на урожайность и экономическую эффективность возделывания полевого гороха. Исследовалась применение новых форм удобрений для допосевого внесения, сочетания минеральных удобрений с регулятором роста Экосилом, многокомпонентным удобрением для некорневых подкормок (Кристалон), комплексным микроудобрением с регулятором роста (МикроСтим В) и ризобияльного инокулянта.

#### **Основная часть**

Опыты с горохом полевым сорта Зазерский усатый проводились в 2015–2017 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. По индексу окультуренности почва опытного участка относится к среднеокультуренной (0,7–0,9). Почва опытного участка за годы исследований имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды ( $pH_{KCl}$  5,9–6,4), низкое и среднее содержание гумуса (1,3–1,6 %), высокое содержание подвижного фосфора (261,1–298,1 мг/кг), среднее и повышенное – калия (172,5–232,5 мг/кг), среднее содержание бора (0,6–0,7 мг/кг) и меди (1,6–2,9 мг/кг). Предшественником гороха был овес. Посев гороха проводился с нормой высева семян 1,5 миллиона всхожих семян на гектар.

В опытах применялись удобрения для основного внесения: карбамид (N – 46 %), аммофос (N – 12 %,  $P_2O_5$  – 52 %), хлористый калий (60 %), из комплексных удобрений использовали новое ком-

плексное удобрение марки N:P:K (6:21:32) с 0,16 % В и 0,09 % Мо, которое разработали в РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». В опытах исследовали новый препарат для инокуляции семян гороха на основе специфических штаммов клубеньковых бактерий гороха *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* 27П. Препарат разработан РУП «Институт микробиологии НАН Беларуси». Инокуляция семян проводилась в день посева ручным способом в дозе 200 мл на гектарную норму высева семян [10,11].

В фазе бутонизации проводились обработки посевов: борной кислотой (300 г/га) и молибдатом аммония (80 г/га), микроудобрением Адоб В в дозе 0,33 л/га, регулятором роста Экосил (75 мл/га), комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим В (содержит в 1 л 5 г азота, 150 г бора, 0,6–8,0 мг/л гуминовых веществ) – в дозе 0,33 л/га. Проводили две обработки комплексным удобрением Кристалон. Первая подкормка проводилась в фазе выбрасывания усов Кристалоном желтым марки 13-40-13 в дозе 2 кг/га, который наряду с азотом, фосфором и калием содержит бор (0,025 %), медь (0,01 %), железо (0,07 %), марганец (0,04 %), молибден (0,004 %), цинк (0,025 %). Вторая подкормка Кристалоном особым марки 18-18-18 + 3MgO (содержит бор 0,025 %, медь 0,01 %, железо 0,07 %, марганец 0,04 %, молибден 0,004 %, цинк 0,025 %) проводилась в дозе 2 кг/га в фазу начала образования бобов.

Экономическая эффективность применения удобрений рассчитывалась по методике Института почвоведения и агрохимии «Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений» [7], в сопоставимых ценах на дату 15.12.2020. При расчете экономической эффективности стоимость всей полученной прибавки и чистый доход выражены в долларах США и позволяют определить более выгодные варианты систем удобрения (таблица). Для определения чистого дохода предварительно рассчитывалась стоимость прибавки урожая, полученной за счет применения удобрений, инокуляции семян, регулятора роста и микроэлементов, также затраты на их применение, уборку и доработку полученной прибавки урожая.

В нашем опыте на горохе полевом испытания различных препаратов доказали положительное действие на продуктивность культуры и были экономически выгодными. Все варианты опыта с применением удобрений на горохе полевом сорта Зазерский усатый обеспечивали получение чистого дохода и были рентабельны. При увеличении доз минеральных удобрений у гороха сорта Зазерский усатый чистый доход увеличивался, а рентабельность уменьшалась. При внесении аммофоса и хлористого калия в дозе N<sub>10</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> полученный чистый доход составил 47,1 \$/га, а при увеличении дозы внесения до N<sub>30</sub>P<sub>75</sub>K<sub>120</sub> увеличивался до 67,0 \$/га и снижении рентабельности. Внесение комплексного АФК удобрения с В и Мо по сравнению с применением аммофоса и хлористого калия в эквивалентной дозе (N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub>) повышало чистый доход на 21,1 \$/га.

Таблица. Экономическая эффективность применения удобрений, ризобияльного инокулянта и регулятора роста при возделывании гороха сорта Зазерский усатый (среднее за 2015–2017 гг.)

Вариант	Урожайность семян, т/га	Прибавка, т/га	Стоимость прибавки, \$/га	Затраты на получение прибавки, \$/га	Чистый доход, \$/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	1,77	–	–	–	–	–
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	2,54	0,77	100,1	53,0	47,1	88,9
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	2,85	1,08	140,4	79,2	61,2	77,2
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	2,99	1,22	158,6	91,6	67,0	73,2
5. АФК с В и Мо (в дозе НРК эквивалентной варианту 3)	3,30	1,53	198,9	116,6	82,3	70,6
6. Фон + В и Мо	3,12	1,35	175,5	93,0	82,5	88,8
7. Фон + Адоб В	3,32	1,55	201,5	100,8	100,8	100,0
8. Фон + Кристалон	34,5	1,68	218,4	128,0	90,4	70,6
9. Фон + Экосил	33,2	1,55	201,5	102,6	99,0	96,5
10. Фон + МикроСтим В	33,0	1,53	198,9	99,0	99,9	100,9
11. Фон + инокулянт	36,6	1,89	245,7	112,0	133,7	119,4
12. Фон + инокулянт + МикроСтим В	37,1	1,94	252,2	119,6	132,6	110,8
НСР <sub>05</sub>	1,2	–	–	–	–	–

Некорневые подкормки бором молибденом на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> увеличивали чистый доход на 21,3 \$/га, рентабельность на 11,6 %, МикроСтим В на 38,7 \$/га и 27,7 % соответственно. Экосил на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> повышал чистый доход на 37,8 \$/га, рентабельность на 19,3 %.

В вариантах с инокуляцией семян ризобияльным инокулянтном на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> был получен наибольший чистый доход (прибыль) – 133,7 \$/га, несколько ниже в варианте с инокуляцией семян и

применением МикроСтим В – 132,6, а также в вариантах при применении Адоб В и МикроСтим В на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$  – 100,8 и 99,9 \$/га.

В вариантах с инокуляцией семян ризобиальным инокулянтом также была и более высокая рентабельность: на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$  – 119,4 % и с применением МикроСтим В – 110,8 %, а также МикроСтим В – 100,9 %. Ниже показатели рентабельности были при применении Адоб В, Экосила на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$ .

#### **Заключение**

Результаты исследований макро-, микроудобрений, ризобиального инокулянта и регулятора роста при возделывании полевого гороха сорта Зазерский усатый свидетельствуют о том, что инокуляция семян ризобиальным инокулянтом на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$  и инокуляция семян совместно с обработкой посевов в фазу бутонизации МикроСтим В, а также применение комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим В на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$  являются эффективными и высокорентабельным приемом повышения урожайности при минимальных экономических затратах.

Наиболее высокий чистый доход на полевым горохе (133,7 \$/га) и рентабельность (119,4 %) были в варианте с инокуляцией семян ризобиальным инокулянтом на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$ . Несколько ниже эти показатели были при применении Адоб В, МикроСтим В и Экосила на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$ .

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Институт почвоведения и агрохимии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/print/information/materials/zem/soil/c2527299843208e7.html>. – Дата доступа: 24.03.2021.
2. Мишура, О. И. Эффективность макро- и микроудобрений при возделывании гороха на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О. И. Мишура // Почвоведение и агрохимия. – №1(48). – 2012. – С. 117–122.
3. Цыганов, А. Р. Эффективность применения микроудобрений при возделывании гороха / А. Р. Цыганов, О. И. Вильдфлуш // Известия Национальной академии наук Беларуси. – 2004. – № 3. – С. 114–118.
4. Новикова, Н. Е. Влияние регуляторов роста и поздней некорневой подкормки удобрениями на урожайность и белковую продуктивность гороха (*Pisum sativum* L.) / Н. Е. Новикова, А. О. Косиков, С. В. Бобков, А. А. Зеленев // Агрохимия. – 2017. – № 1 – С. 32–40.
5. Применение микроудобрений и регуляторов роста в интенсивном земледелии: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015 – 48 с.
6. Вильдфлуш, И. Р. Оптимизация системы удобрения сельскохозяйственных культур при комплексном применении макро, микроудобрений, регуляторов роста и бактериальных препаратов: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, П. А. Саскевич, О. И. Чикида, А. С. Мастеров, О. И. Мишура [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – 34 с.
7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений: метод. рекомендации / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: РУП Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.