

ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ И СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КЛЕВЕРА ГИБРИДНОГО

О. С. Грушевич, аспирант

А. С. Мееровский, доктор сельскохозяйственных наук

*РУП «Институт мелиорации,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация

Представлены экспериментальные данные по влиянию биостимуляторов и микроэлементов на фотосинтетическую деятельность посевов и семенную продуктивность клевера гибридного, возделываемого на осушенных дерново-подзолистых глееватых почвах в северной части Беларуси. Приведены результаты наблюдений площади листьев, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза на семенных посевах клевера гибридного, их взаимосвязь с изучаемыми биостимуляторами, урожайностью семян. Выявлены наиболее перспективные препараты.

Ключевые слова: клевер гибридный, некорневые подкормки, урожайность семян, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза.

Abstract

O. S. Grushevich, A. S. Meerovskiy

INFLUENCE OF PLANT GROWTH BIOSTIMULANTS AND MICROELEMENTS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CROPS AND SEED PRODUCTIVITY OF HYBRID CLOVER

Experimental data on the influence of plant growth biostimulants and microelements on the photosynthetic activity of crops and seed productivity of hybrid clover cultivated on drained sod-podzolic gley soils in the northern part of Belarus are presented. The results of observations of leaf area, photosynthetic potential, net productivity of photosynthesis on seed crops of hybrid clover, their relationship with biostimulators under study, and seed yield are presented. The most promising biostimulants are identified.

Key words: hybrid clover, foliar top dressing, seed yield, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity.

Введение

Сельское хозяйство Республики Беларусь специализируется на производстве продуктов животноводства, что требует не менее 10–11 млн т кормовых единиц травяных кормов. Эффективность экспортоориентированной отрасли лимитирует их дефицит, но в еще большей степени – несбалансированность по содержанию переваримого протеина. В решении данной проблемы особое значение имеют многолетние бобовые травы, их разнообразие, урожайность, устойчивость [1]. В составе культивируемых и адаптированных к почвенно-климатическим условиям многолетних бобовых трав – клевер гибридный (*Trifolium hybridum*). Однако низкий уровень семеноводства этой культуры, неустойчивость семенной продуктивности препятствует его распространению.

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста [2–4]. Существенное влияние на рост и развитие растений, величину и качество урожая оказывают микроэлементы. Они улучшают обмен веществ в растениях, содействуют нормальному течению физиологических и биохимических процессов [5–7]. Биологизация земледелия, появление новых урожаеобразующих средств побудило к проведению исследований, направленных на достижение устойчивой урожайности семян клевера гибридного.

Методика исследований

Исследования проводились на семенных посевах клевера гибридного, районированного сорта Красавик, в северной части Беларуси (Витебская опытно-мелиоративная станция РУП «Институт мелиорации», Сенненский р-н) в 2018–2019 гг.

Почвы – осушенные дерново-подзолистые глееватые суглинистые, подстилаемые с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком; pH_{KCl} – 5,84–6,27, содержание гумуса – 2,33–2,81 %; подвижных P_2O_5 – 210–285 мг/кг; K_2O – 185–191 мг/кг по Кирсанову; MgO – 297–367 мг/кг; B – 0,65–0,67 мг/кг, Cu – 2,52–2,60 мг/кг; Zn – 2,71–3,70 мг/кг.

Использована агротехника, рекомендованная для Беларуси [8, 9], норма посева – 5,5 млн шт./га (5 кг/га), способ сева – рядовой без покрова. Повторность четырехкратная, размещение вариантов систематическое, учетная площадь делянок – 25 м².

В опыте для основного внесения в почву применяли стандартные удобрения (суперфосфат, хлористый калий) и в один из вариантов дополнительно вносили карбамид. В качестве некорневых подкормок в фазу бутонизации применяли следующие препараты:

– Ризофос-Trifol (200 мл/га) – микробный препарат на основе активных штаммов клубеньковых бактерий;

– Стимпо (20 мл/га) – стимулятор роста биологического происхождения, содержащий ненасыщенные кислоты, углеводы, аминокислоты, макро- и микроэлементы (Mn, K, Mg, Fe, Cu);

– Агропон С (20 мл/га) – препарат биологического происхождения, в состав которого входят олигосахариды, хитозан, свободные жирные кислоты, фитогормоны, аминокислоты, витамины, макро- и микроэлементы (Fe, Na, Cu, Mn, K, Zn, Mg, Ca);

– Наноплант (100 мл/га) – микроудобрение, в состав которого входят микроэлементы Co, Mn, Cu, Fe; действующее вещество – наночастицы соединений микроэлементов;

– Альбит (40 мл/га) – полифункциональный препарат биологического происхождения, в основе которого – гидролизованная биомасса почвенных бактерий *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*;

– Регоплант (50 мл/га) – стимулятор роста, сбалансированный композицией биологически активных соединений аминокислот, хитозана, аналогов фитогормонов, олигосахаридов, жирных кислот, хелатных и биогенных макро- и микроэлементов (Cu, Zn, S, Mo, Mg, B, Mn, K, Ca, Fe, N).

Начало вегетационного периода в 2018 г. характеризовалось повышенной температурой воздуха с превышением на 3,0–6,1 °С среднемноголетнего уровня. До конца вегетации оно сохранялось на уровне до 3,8 °С. Количество выпавших атмосферных осадков в фазу отрастания до полной бутонизации было ниже многолетних значений; в связи с этим влажность корнеобитаемого слоя почвы в опыте находилась на уровне 3,8–17,4 % от объема почвы. В начале цветения количество осадков в среднем превысило норму на 8,8 мм, влажность составила 5,5%, а к концу этой фазы – 17,1 %, что могло неблагоприятно сказаться на формировании семенной продуктивности клевера гибридного. К началу созревания в связи с избыточным количеством выпавших атмосферных осадков – 56,7 мм (на 24,7 мм выше среднемноголетней нормы), влажность почвы составила 21,5 % от ее объема.

В 2019 г. температура воздуха с апреля до конца июня превысила средние многолетние значения на 0,9–6,7 °С. Начиная с июля до первой декады августа она снизилась на 2,4–0,2 °С по сравнению со средним многолетним уровнем, к концу августа температура снова начала превышать этот уровень. В связи с тем, что сумма выпавших атмосферных осадков в апреле, к началу фазы отрастания, равнялась нулю, влажность корнеобитаемого слоя почвы в опыте составляла 8,2 % от ее объема. К концу отрастания количество осадков стало увеличиваться и превышать норму, влажность была в пределах 17,6–21,5 %. К моменту начала фазы бутонизации влажность почвы составляла 8,8 %, что объясняется снижением суммы осадков до 6,9–22,9 мм по сравнению со средним многолетним значением, вплоть до конца фазы. Начиная с цветения до конца созревания количество выпавших осадков на 18,1–45,6 мм превышало норму, влажность была в пределах 13,9–17,5 % от объема почвы.

Гидротермические условия вегетационных периодов 2018–2019 гг. (увлажненность почв и температурный режим) на территории проведения полевых опытов существенно

отличались от среднемноголетних и не способствовали оптимальному росту и развитию клевера гибридного, формированию и полноценному созреванию семян.

Результаты исследований и их обсуждение

Некорневая подкормка клевера гибридного привела к увеличению количества растений (кустов) и стеблей. Так, в 2018 г. внесение биостимуляторов роста Регоплант и Стимпо обеспечило максимальную прибавку количества растений на 8,7–21,7 %, количества стеблей – до 8,4 % (табл. 1). В 2019 г. максимальная густота растений на единице площади отмечена в вариантах с применением биостимулятора Агропон С и микроудобрения Наноплант – Со, Мп, Си, Фе. По сравнению с контролем количество растений увеличилось до 27 %, количество стеблей – до 10 %.

При внесении биостимуляторов роста в 2018 г. количество продуктивных стеблей и головок в вариантах с некорневой подкормкой Регоплант и Стимпо увеличивалось, но максимальное количество получено на фоне $P_{40}K_{60}$ (табл. 2). В этих вариантах по сравнению с контролем также увеличена масса 1000 семян и урожайность. Максимальная прибавка количества семян в головке (23,8 %), массы 1000 семян (22,5 %), урожайности семян (74,4 %) – получены при внесении биостимулятора Регоплант.

Некорневые обработки посева в 2019 году улучшали структуру урожая семенников. Внесение биостимуляторов роста Агропон С, Альбит и микроудобрения Наноплант – Со, Мп, Си, Фе максимально увеличивало количество продуктивных стеблей, количество головок, коли-

чество семян в головке и массу 1000 семян. Что касается урожайности семян, в этих вариантах прибавка по сравнению с контролем была максимальной в пределах 1,16–1,45 ц/га, по сравнению с фоном РК – 0,77–1,06 ц/га.

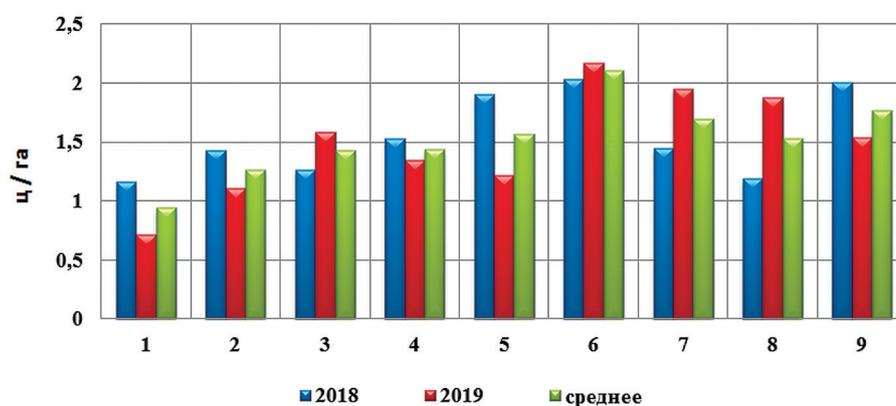
Исследования посева клевера гибридного в среднем за два года показали, что количество растений на 1 м² составило 47–56 шт., продуктивных побегов (стеблей) – 165–212 шт. Наибольшее количество продуктивных стеблей (212 шт./м²) сформировано в варианте при внесении только фосфорно-калийных удобрений. Высота растений перед уборкой в среднем за два года находилась в пределах 57,5–66,6 см. Некорневые подкормки оказывали положительное влияние на количество семян в 1 головке и посевные качества семян. Так, на контроле количество семян в головке составляло 45 шт., с внесением стимулятора роста Агропон С и микробного препарата Ризофос-Trifol их количество возросло на 31,1% и 42,2 % соответственно. Масса 1000 семян в вариантах с применением препаратов Альбит, Наноплант – Со, Мп, Си, Фе, Регоплант, Агропон С составила 0,80–0,90 г, что на 17,6–32,3 % больше контроля и на 3,9–16,9 % – варианта с фоном $P_{40}K_{60}$. Максимальная прибавка урожая семян на 1,16 ц/га получена в варианте с применением препарата Агропон С; на фоне внесения $P_{40}K_{60}$ прибавка составила 0,84 ц/га (рис. 1).

Таблица 1 – Густота травостоя клевера гибридного 2-го г. ж. в начале вегетации

| Вариант | Количество растений, шт./м ² | | Количество побегов (стеблей), шт./м ² | |
|------------------------|---|------|--|------|
| | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 |
| $N_0P_0K_0$ (контроль) | 46 | 48 | 414 | 318 |
| $P_{40}K_{60}$ – фон | 50 | 56 | 398 | 312 |
| $N_{30}P_{60}K_{90}$ | 45 | 54 | 369 | 296 |
| Фон + Ризофос-Trifol | 47 | 51 | 441 | 298 |
| Фон + Стимпо | 50 | 53 | 422 | 299 |
| Фон + Агропон С | 47 | 61 | 362 | 349 |
| Фон + Наноплант | 42 | 60 | 393 | 340 |
| Фон + Альбит | 48 | 59 | 368 | 295 |
| Фон + Регоплант | 56 | 56 | 449 | 268 |

Таблица 2 – Структура и урожайность семенного посева клевера гибридного

| Вариант | Высота растений, см | Количество продукт. стеблей, шт./м ² | Количество головок, шт. | Количество семян в головке, шт./м ² | Масса 1000 семян, г | Урожайность семян, ц/га |
|---|---------------------|---|-------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| 2018 | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ (контроль) | 66,0 | 138 | 322 | 63 | 0,71 | 1,17 |
| P ₄₀ K ₆₀ – фон | 71,1 | 200 | 448 | 70 | 0,78 | 1,43 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ | 66,5 | 180 | 360 | 55 | 0,77 | 1,27 |
| Фон + Ризофос-Trifol | 65,3 | 126 | 294 | 72 | 0,81 | 1,53 |
| Фон + Стимпо | 60,8 | 150 | 350 | 71 | 0,84 | 1,91 |
| Фон + Агропон С | 63,6 | 141 | 329 | 78 | 0,87 | 2,04 |
| Фон + Наноплант | 61,6 | 141 | 329 | 59 | 0,75 | 1,45 |
| Фон + Альбит | 57,0 | 144 | 288 | 57 | 0,76 | 1,19 |
| Фон + Регоплант | 64,6 | 168 | 450 | 64 | 0,85 | 2,01 |
| НСР ₀₅ , ц/га | | | | | | 0,59 |
| 2019 | | | | | | |
| N ₀ P ₀ K ₀ (контроль) | 59,0 | 192 | 480 | 27 | 0,65 | 0,72 |
| P ₄₀ K ₆₀ – фон | 62,4 | 224 | 504 | 33 | 0,76 | 1,11 |
| N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ | 56,1 | 216 | 486 | 45 | 0,75 | 1,59 |
| Фон + Ризофос-Trifol | 50,9 | 204 | 408 | 45 | 0,58 | 1,35 |
| Фон + Стимпо | 57,0 | 212 | 318 | 41 | 0,71 | 1,22 |
| Фон + Агропон С | 57,5 | 244 | 549 | 49 | 0,92 | 2,17 |
| Фон + Наноплант | 61,5 | 240 | 540 | 48 | 0,84 | 1,95 |
| Фон + Альбит | 57,7 | 177 | 531 | 46 | 0,84 | 1,88 |
| Фон + Регоплант | 54,1 | 168 | 392 | 44 | 0,65 | 1,54 |
| НСР ₀₅ , ц/га | | | | | | 0,74 |



1 – N₀P₀K₀ (контроль); 2 – P₄₀K₆₀ – фон; 3 – N₃₀P₆₀K₉₀; 4 – Фон + Ризофос-Trifol; 5 – Фон + Стимпо; 6 – Фон + Агропон С; 7 – Фон + Наноплант – Со, Мп, Си, Фе; 8 – Фон + Альбит; 9 – Фон + Регоплант

Рисунок 1 – Урожайность семян клевера гибридного в зависимости от влияния биостимуляторов роста и микроудобрений, 2018–2019 гг.

Некорневая подкормка стимулятором роста Регоплант и микроудобрением Наноплант – Со, Мп, Си, Фе повышало урожайность семян клевера гибридного на 87,4 и 78,9 % соответственно по сравнению с контролем, на 40,2 и 33,9 % – по сравнению с фоном $P_{40}K_{60}$.

Результаты прошлых исследований показали, что микроэлементы и стимуляторы роста играют важную роль в повышении интенсивности фотосинтеза и в целом продуктивности сельскохозяйственных растений [10, 11].

Наблюдения за листовой поверхностью клевера гибридного в течение первого и второго годов жизни выявили, что некорневая подкормка изучаемых препаратов оказала положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата (табл. 3).

Внесение биостимулятора роста Агропон С обеспечило максимальную прибавку площади листьев за два года на 9,5–26,8 тыс. $m^2/га$ (20,2–60,9 %). В первый год жизни клевера внесение биопрепарата Регоплант увеличило площадь на 10 тыс. $m^2/га$ по сравнению с контролем, на 4,9 тыс. $m^2/га$ – с фоном. Во второй год жизни высокую прибавку по сравнению с контролем обеспечило применение препарата Наноплант – Со, Мп, Си, Фе – 20,2 тыс. $m^2/га$. В среднем по опыту за два года площадь листьев составила 56,1 тыс. $m^2/га$, внесение остальных

препаратов способствовало увеличению площади листьев до 52,3–63,7 тыс. $m^2/га$.

В создании биологического урожая важную роль играет фотосинтетический потенциал суммарной листовой поверхности (ФП), который определяется скоростью ее образования и временем активной работы. Было выявлено, что внесение биопрепаратов и микроудобрений обеспечивает лучшие показатели фотосинтетического потенциала посевов, т. к. находятся в прямой зависимости от площади листьев. Максимальный урожай семян дают посевы, имеющие фотосинтетический потенциал в пределах 2067,7–2194,8 тыс. $m^2 \times сут./га$, при некорневой подкормке биостимуляторами роста Агропон С, Регоплант и микроудобрением Наноплант – Со, Мп, Си, Фе. Снижение ФП до 1600–1300 тыс. $m^2 \times сут./га$ существенно уменьшает урожайность семян клевера гибридного.

Повышение урожайности обеспечивается увеличением не только фотосинтетической активности агрофитоценоза, но и его рабочих элементов (единицы площади листа и хлоропласта), что выражается в показателях чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). ЧПФ характеризует интенсивность фотосинтеза посева и измеряется количеством сухой массы растений (г), которое синтезирует 1 m^2 листовой поверхности за 1 сут.

Таблица 3 – Фотосинтетическая деятельность клевера гибридного, 2018–2019 гг.

| Вариант | Площадь листьев, тыс. $m^2/га$ | | | ФП, тыс. $m^2 \times сут./га$ | | | ЧПФ, г/ $m^2 \times сут.$ | | |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------|---------|-------------------------------|---------------|---------|---------------------------|-------------|---------|
| | 1-й г.ж. | 2-й г.ж. | Среднее | 1-й г.ж. | 2-й г.ж. | Среднее | 1-й г.ж. | 2-й г.ж. | Среднее |
| $N_0P_0K_0$ (контроль) | 47,1 | 44 | 45,6 | 1461,0 | 1364,0 | 1412,5 | 1,9 | 2,7 | 2,3 |
| $P_{40}K_{60}$ – фон | 52,2 | 47,1 | 49,7 | 1618,5 | 1460,1 | 1539,3 | 2,1 | 3,1 | 2,6 |
| $N_{30}P_{60}K_{90}$ | 52,9 | 49,7 | 51,3 | 1639 | 1540,7 | 1589,9 | 1,8 | 3,0 | 2,4 |
| Фон + Ризофос-Trifol | 53,4 | 51,1 | 52,3 | 1656,3 | 1584,1 | 1620,2 | 1,9 | 3,6 | 2,8 |
| Фон + Стимпо | 55,7 | 61,7 | 58,7 | 1726,5 | 1912,7 | 1819,6 | 1,6 | 2,4 | 2,0 |
| Фон + Агропон С | 56,6 | 70,8 | 63,7 | 1753,8 | 2194,8 | 1974,3 | 2,1 | 3,3 | 2,7 |
| Фон + Наноплант – Со, Мп, Си, Фе | 56,3 | 69,4 | 62,9 | 1744,1 | 2151,4 | 1947,8 | 2,5 | 3,8 | 3,1 |
| Фон + Альбит | 56,1 | 66,7 | 61,4 | 1738,9 | 2067,7 | 1903,3 | 1,9 | 4,0 | 2,9 |
| Фон + Регоплант | 57,1 | 62,4 | 59,8 | 1771,2 | 1934,4 | 1852,8 | 2,2 | 2,8 | 2,5 |
| HCP_{05} | 6,94 | 14,85 | | 215,14 | 460,35 | | 0,15 | 0,31 | |

Некорневые подкормки микроудобрением Наноплант – Co, Mn, Cu, Fe и биостимулятором Альбит способствовали максимальному увеличению ЧПФ до 3,8 и 4,0 г/м²×сут. Однако максимальная урожайность семян сформировалась при внесении биостимулятора Агропон С, где ЧПФ составляет 3,3 г/м²×сут. сухого вещества. Применение некорневых

подкормок не во всех вариантах повышает показатели ЧПФ, что побуждает к продолжению исследований в данном направлении. Гидротермические условия вегетационных периодов 2018–2019 гг. существенно отличались от среднеевропейских и не могут быть отнесены к благоприятным.

Заключение

Изучение влияния биостимуляторов роста и микроэлементов на семенную продуктивность клевера гибридного в условиях осушенных дерново-подзолистых глееватых суглинистых почв севера Беларуси, проведенное в неблагоприятные для данной культуры вегетационные периоды, выявило возможности

получения качественных семян. Собраны экспериментальные данные фотосинтетической деятельности семенных посевов клевера гибридного и влияния биостимуляторов на показатели фотосинтеза. По результатам проведенных опытов наиболее перспективным является Агропон С.

Библиографический список

1. Шелюто, Б. В. Биологические основы повышения устойчивости и продуктивности многолетних бобовых трав на дерново-подзолистых почвах Беларуси : монография / Б. В. Шелюто. – Горки : БГСХА, 2005. – 124 с.
2. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние аграр. наук, Белорус. гос. с.-х. акад. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 293 с.
3. Пономаренко, С. П. Регуляторы роста растений / С. П. Пономаренко. – Киев : Ин-т биоорганической и нефтехимии НАН Украины, 2003. – 319 с.
4. Мееровский, А. С. Совершенствование технологии возделывания клевера гибридного на семена / А. С. Мееровский, Р. Т. Пастушок, О. С. Грушевич // Мелиорация. – 2018 – № 2 (84). – С. 28-32.
5. Фатеев, А. И. Основы применения микроудобрений / А. И. Фатеев, М. А. Захарова. – Харьков, 2005. – 134 с.
6. Marshner, H. Mineral nutrition of higher plants [Электронный ресурс] / H. Marshner. – 2nd ed. – Amsterdam [etc.]: Academic Press, 2002. – doi: 10.1016/c2009-0-02402-7.
7. Николаева, З. Ф. Влияние микроэлементов на семенную продуктивность клевера гибридного / З. Ф. Николаева // Агрехимия. – 1988 – № 2. – С. 68-71.
8. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.
9. Агротехника выращивания многолетних трав на семена: рекомендации / В. С. Дыбаль [и др.]. – Минск : Институт мелиорации, 2011. – 24 с.
10. Кузнецов, В. И. Антистрессовое высокоурожайное земледелие (АВЗ) – биотехнология выращивания сельскохозяйственных культур, как инновационная основа современного земледелия / В. И. Кузнецов, Ю. М. Шаульскийкий, Ш. Я. Гилязетдинов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 5. – С. 17-19.
11. Тимошкин, О. А. Фотосинтетическая деятельность бобовых трав при применении микроудобрений и биорегуляторов / О. А. Тимошкин, О. Ю. Тимошкина, А. А. Яковлев // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 7. – С. 58-60.