

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КЛЕВЕРА ГИБРИДНОГО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОУДОБРЕНИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

О. С. Михайлова, научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Актуальной проблемой во многих странах является разработка новых форм удобрений и регуляторов роста, которые по сравнению с применением простых удобрений обеспечивают сбалансированное соотношение элементов питания под культуру, повышают экономическую эффективность за счет сокращения затрат на внесение. Приведены данные по влиянию микроудобрений и биостимуляторов роста на фотосинтетическую деятельность семенных посевов клевера гибридного. Использование изучаемых препаратов для внекорневой обработки клевера гибридного в среднем за 2018–2020 гг. повышало площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал на 1,7–39,7 %, чистую продуктивность фотосинтеза на 8,7–50 %.

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

Abstract

O. S. Mikhailava

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF HYBRID CLOVER IN THE APPLICATION OF MICROFERTILIZERS AND BIOSTIMULANTS OF GROWTH

An urgent problem in many countries is the development of new forms of fertilizers and growth regulators, which, in comparison with the use of simple fertilizers, provide a balanced ratio of nutrients for the crop, increase economic efficiency by reducing the cost of application. The article presents data on the effect of microfertilizers and growth biostimulants on the photosynthetic activity of seed crops of hybrid clover. The use of the studied preparations for foliar treatment of hybrid clover on average for 2018–2020 it increased the leaf surface area and photosynthetic potential by 1.7–39.7 %, and the net photosynthetic productivity by 8.7–50 %.

Keywords: hybrid clover, foliar top dressing, growth biostimulants, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, seed yield.

Введение

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста [1–3]. 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 [4–5]. Биологизация земледелия, появление новых урожаеобразующих средств побудили к проведению исследований, направленных на достижение устойчивой урожайности семян клевера гибридного.

Фотосинтез является основополагающим фактором развития растений и формирования

урожайности. Продуктивность фотосинтеза растений определяется двумя главными показателями – суммарной площадью листьев (ассимилирующей поверхностью) и интенсивностью прироста сухого вещества в расчете на единицу площади листьев в сутки.

Размеры ассимиляционной поверхности растений, продолжительность их фотосинтетической деятельности, интенсивность фотосинтеза являются важными факторами формирования урожайности растений, так как от размера площади листьев в посевах зависят количество поглощенной солнечной энергии и синтез органического вещества. Известно, что показатель чистой продуктивности фотосинтеза в онтогенезе изменяется и находится в сложной функциональной зависимости от

площади листьев, фазы развития и степени оптимизации условий выращивания [6].

Цель наших исследований – обосновать применение микроудобрений и биостимуля-

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 2018–2020 гг.

Почвы – осушенные дерново-подзолистые глееватые суглинистые, подстилаемые с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком. Их агрохимическая характеристика: 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.

Исследования проведены в трех закладках (посевы 2017, 2018, 2019 гг.). Норма высева – 5,5 млн шт./га (5 кг/га), способ сева – рядовой без покрова. Повторность – 4-кратная, размещение вариантов систематическое, учетная площадь делянок – 25 м².

В опыте для основного внесения в почву применяли стандартные удобрения в качестве фона – $P_{40}K_{60}$ (суперфосфат, хлористый калий) и в один из вариантов дополнительно вносили карбамид – $N_{30}P_{60}K_{90}$. Для некорневых подкормок в фазу бутонизации использовали следующие препараты:

1) микробный препарат Ризофос-*Trifol* (200 мл/га), который является альтернативой минеральным азотным и фосфорным удобрениям. Основа: активные штаммы клубеньковых бактерий, осуществляющие микробиологический перевод труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений в доступную растениям форму;

2) микроудобрение Наноплант (100 мл/га), в состав которого входят микроэлементы Co ,

Результаты исследований

Листовая поверхность у клевера гибридного является главным фотосинтетическим органом, осуществляющим поглощение света и улавливание углекислоты из воздуха. Другие органы – стебли и черешки – в этом отношении проявляют очень слабую активность. Цветущие головки

торов роста в технологии возделывания клевера гибридного на семена для повышения продукционной деятельности.

Mn , Cu , Fe , действующее вещество – наночастицы металлов;

3) биостимуляторы роста:

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

Агропон С (20 мл/га), в его состав включена сбалансированная композиция полезных веществ: олигосахаридов, хитозана, свободных жирных кислот, фитогормонов, аминокислот, витаминов и биогенных микроэлементов (Fe , Na , Cu , Mn , K , Zn , Mg , Ca);

Альбит (40 мл/га) – полифункциональный препарат биологического происхождения. Его основа – гидролизованная биомасса почвенных бактерий *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*;

Регоплант (50 мл/га), относится к серии композиционных препаратов, обладает биозащитными свойствами. Сбалансирован композицией биологически активных соединений аминокислот, хитозана, аналогов фитогормонов, олигосахаридов, жирных кислот, хелатных и биогенных микроэлементов Cu , Zn , S , Mo , Mg , B , Mn , K , Ca , Fe , N .

В 2018 г. показатель ГТК равнялся 1,0, поэтому вегетационный период можно охарактеризовать как слабозасушливый. Гидротермический коэффициент периодов 2019 г. и 2020 г. находился в пределах оптимальной нормы (1,3 и 1,6 соответственно), однако очень неравномерное распределение тепла и влаги в зависимости от фазы оказало не очень благоприятное влияние на рост и развитие клевера гибридного.

клевера могут составлять конкуренцию листьям в поглощении света, отражая от посева значительную его часть.

У клевера первые головки завязываются в пазухах предпоследнего верхнего листа до начала вытягивания стеблей в длину. С началом ак-

тивного вытягивания междоузлий завязываются другие головки на боковых побегах, причем из апикальной меристемы сначала завязываются бугорки для формирования тройчатых листьев, после чего меристемы вытягиваются и там формируются цветочные бугорки. Динамика образования цветочных головок связана с динамикой образования и ростом листьев. Поэтому количественное определение площади листьев у клевера может представлять интерес с различ-

ных точек зрения, вытекающих из разнообразных функций листьев.

Определение площади листьев, проведенное нами в посевах клевера гибридного, показало, что максимальная точка роста совпала с фазой цветения (рис. 1). В последующий период площадь листьев уменьшалась в связи с отмиранием листовых пластинок. После наступления периода массового цветения головок происходит быстрое отмирание всех листьев и к моменту побурения головок.

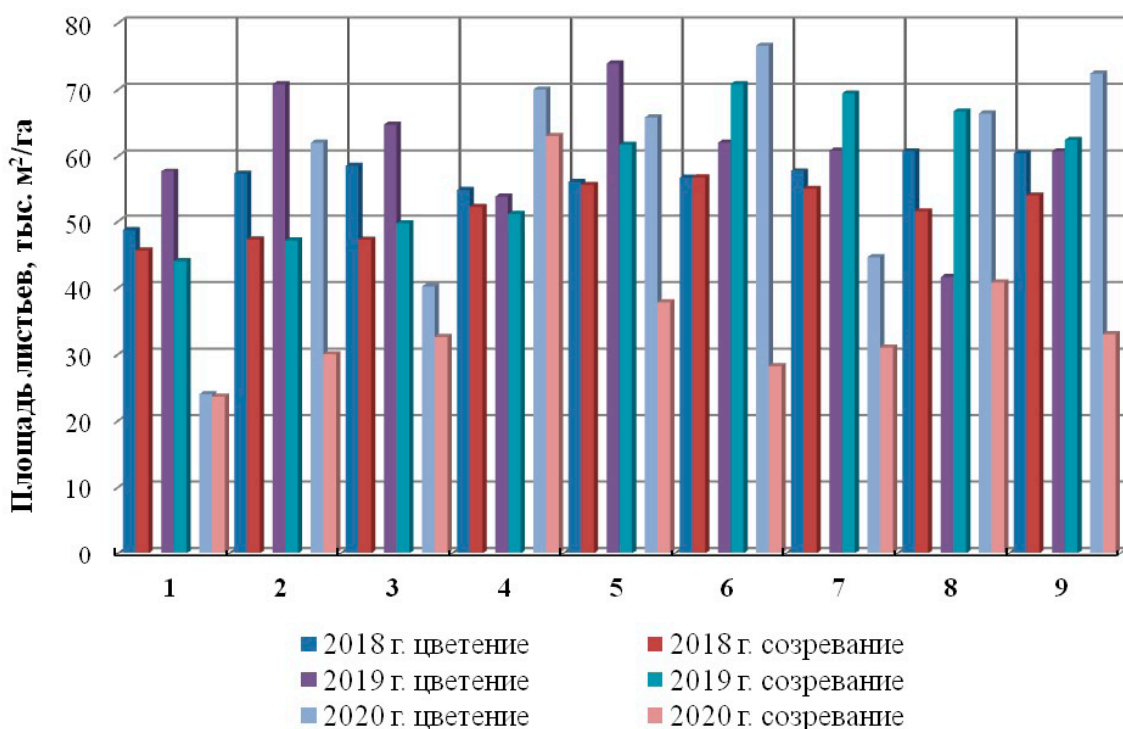


Рис. 1. Динамика роста площади листьев в фазу цветения и созревания у клевера гибридного в семенных посевах, 2018–2020 гг.:

1 – $N_0P_0K_0$ (контроль); 2 – $P_{40}K_{60}$ – фон; 3 – $N_{30}P_{60}K_{90}$; 4 – фон + Ризофос-*Trifol*;
5 – фон + Стимпо; 6 – фон + Агропон С; 7 – фон + Наноплант Со, Мп, Сu, Fe;
8 – фон + Альбит; 9 – Фон + Регоплант

Следует отметить, что рост площади листьев у клевера гибридного и максимальные ее размеры очень сильно зависят от обеспеченности растений влагой. Листовые пластинки клевера не имеют мощной защитной кутикулы и даже при небольшом водном дефиците быстро теряют тургор и завядают. К тому же устьица у клевера располагаются не только снизу, но и сверху листовых пластинок, что не способствует сохранению влаги. Поэтому в засушливые годы с недостатком влаги в весенний период либо в период вторичного отрастания клевера развивается небольшая листовая поверхность.

Наблюдения 2018–2020 гг. за листовой поверхностью клевера гибридного в течение первого и второго года жизни выявили, что некорневая подкормка изучаемыми препаратами оказала положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата.

Внесение биостимулятора роста Агропон С обеспечило максимальную прибавку площади листьев за два года (2018–2019 гг.) на 9,5–26,8 тыс. м²/га (20,2–60,9 %) (табл. 1). В первый год жизни клевера использование препарата Регоплант увеличило площадь на 10 тыс. м²/га по сравнению с контролем, с фоном на 4,9 тыс. м²/га.

Таблица 1. Фотосинтетическая деятельность клевера гибридного, 2018–2019 гг.

Вариант	Площадь листьев, тыс. м ² /га			ФП, тыс. м ² ·сут./га			ЧПФ, г/м ² ·сут.		
	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее
N ₀ P ₀ K 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- <i>Trifol</i>	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	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
Среднее	54,2	58,1	56,2	1678,8	1801,1	1740,0	2,0	3,2	2,6

Во второй год жизни высокую прибавку по сравнению с контролем обеспечило применение стимулятора роста Агропон С – 26,8 тыс. м²/га. В среднем по опыту за два года жизни площадь листьев составила 56,2 тыс. м²/га, внесение остальных препаратов способствовало увеличению площади листьев до 52,3–62,9 тыс. м²/га.

В результате наблюдений за площадью листовой поверхности в 2019–2020 гг. можно сделать вывод, что внекорневая подкормка биостимулятором Стимпо и микробным препаратом Ризофос-*Trifol* обеспечила максимальную прибавку площади листьев в среднем за два года на 22,9–63,9 % (табл. 2).

Таблица 2. Фотосинтетическая деятельность клевера гибридного, 2019–2020 гг.

Вариант	Площадь листьев, тыс. м ² /га			ФП, тыс. м ² ·сут./га			ЧПФ, г/м ² ·сут.		
	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее
N ₀ P ₀ K ₀ (контроль)	57,6	25,2	41,4	1785,6	781,2	1283,4	4,5	1,5	3,0
P ₄₀ K ₆₀ – фон	70,8	33	51,9	2194,8	1023,0	1608,9	5,0	2,4	3,7
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	64,7	26,1	45,4	2005,7	809,1	1407,4	5,9	1,8	3,9
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	53,7	41,3	47,5	1664,7	1280,3	1472,5	6,7	1,3	4,0
Фон + Стимпо	73,9	35,9	54,9	2290,9	1112,9	1701,9	5,8	1,3	3,6
Фон + Агропон С	62	25,1	43,6	1922,0	778,1	1350,1	6,5	1,7	4,1
Фон + Наноплант	60,8	23,4	42,1	1884,8	725,4	1305,1	6,6	1,0	3,8
Фон + Альбит	41,6	31,8	36,7	1289,6	985,8	1137,7	6,3	2,7	4,5
Фон + Регоплант	60,7	28,9	44,8	1881,7	895,9	1388,8	4,9	2,1	3,5
Среднее	60,6	30,1	45,4	1880,0	932,4	1406,2	5,8	1,8	3,8

В первый год жизни клевера внесение препарата Стимпо увеличило площадь на 16,3 тыс. м²/га по сравнению с контролем. Во второй год жизни высокую прибавку по сравнению с контролем обеспечило применение микробного препарата Ризофос-*Trifol* – 16,1 тыс. м²/га. В среднем по опыту за два года площадь листьев составила 45,4 тыс. м²/га, вне-

сение препаратов способствовало увеличению площади листьев до 42,1–54,9 тыс. м²/га.

Установлена прямая корреляционная связь урожайности семян клевера гибридного и площади листовой поверхности в среднем за 2018–2019 гг. ($r = 0,86$) и за 2019–2020 гг. ($r = 0,50$) (рис. 2–3).

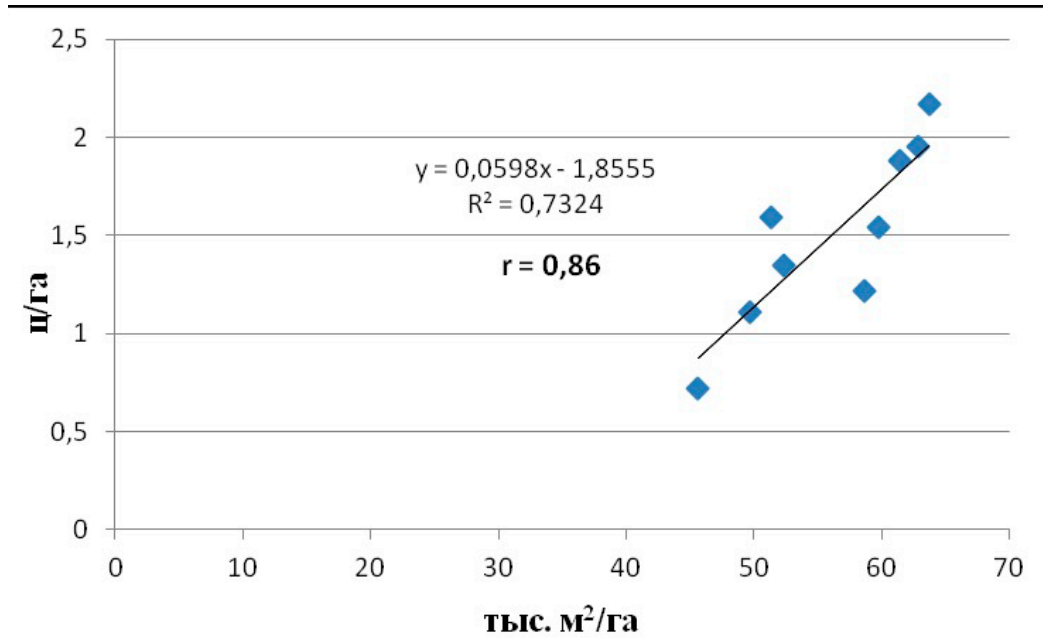


Рис. 2. Точечный график и теоретические линии регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью клевера гибридного и площадью листовой поверхности, среднее за 2018–2019 гг.

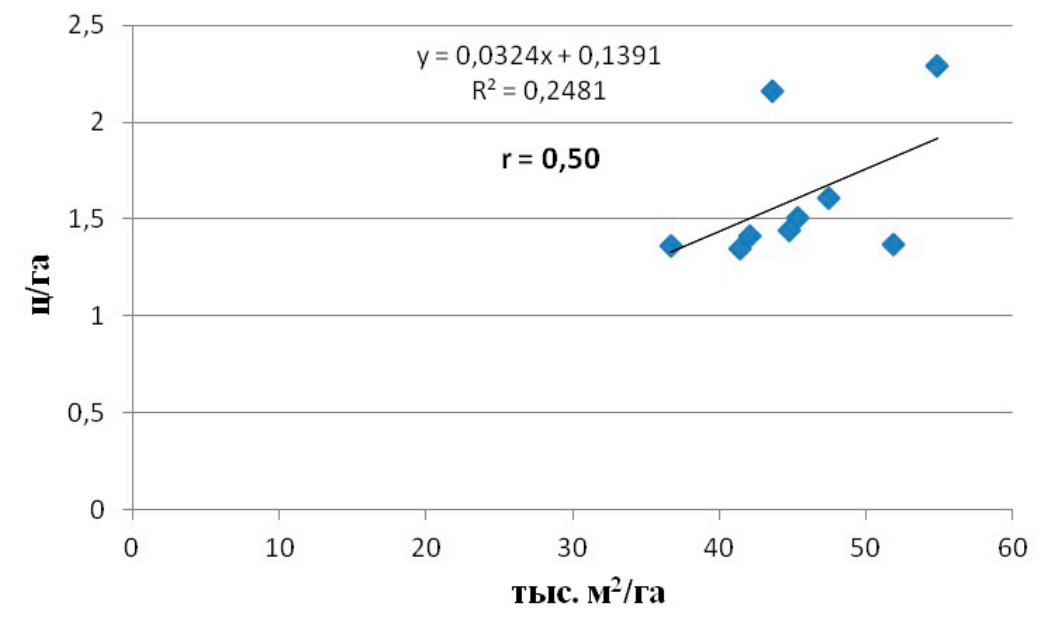


Рис. 3. Точечный график и теоретические линии регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью семян клевера гибридного и площадью листовой поверхности, среднее за 2019–2020 гг.

В создании биологического урожая важную роль играет фотосинтетический потенциал (ФП) суммарной листовой поверхности, который определяется скоростью ее образования и временем активной работы, что более точно характеризует мощность ассимиляционного аппарата посева в целом за вегетацию. Так как этот показатель напрямую зависит от величины площади листьев, была отмечена такая же корреляционная связь уровня урожайности семян клевера гибридного с ФП.

Оптимальными вариантами в среднем за 2018–2019 гг., которые обеспечили максимальный урожай семян (1,95 ц/га и 2,17 ц/га), являются посевы, имеющие фотосинтетический потенциал в пределах 1947,8–1974,3 тыс. м² · сут./га, при некорневой подкормке препаратами Наноплант Со, Мп, Си, Fe и Агропон С. Снижение ФП до 1300–1600 тыс. м² · сут./га существенно уменьшало урожайность семян клевера гибридного.

Для исследований 2019–2020 гг. характерно снижение фотосинтетического потенциала, и вследствие этого оптимальными вариантами для максимального урожая (2,16 ц/га и 2,29 ц/га)

стали значения в пределах 1472,5–1701,9 тыс. м² · сут./га при использовании препаратов Ризофос-*Trifol* и Стимпо. Снижение ФП приводило к снижению урожайности семян клевера гибридного.

Повышение урожайности обеспечивается увеличением не только фотосинтетической активности агрофитоценоза, но и его рабочих элементов – единиц площади листа и хлоропласта, что выражается в показателях чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). С ростом ФП она до определенной величины возрастает, а затем начинает понижаться.

Некорневые подкормки в 2018–2019 гг. биостимулятором Альбит и микроудобрением Наноплант Со, Мп, Си, Fe способствовали максимальному увеличению ЧПФ до 2,9 и 3,1 г/м² · сут. соответственно. Однако максимальная урожайность семян сформировалась при внесении биостимулятора Агропон С, где ЧПФ составляет 2,7 г/м² в сутки сухого вещества. В среднем за два года жизни корреляционная зависимость урожайности клевера гибридного с ЧПФ оказалась достаточно высокой: $r = 0,62$ (рис. 4).

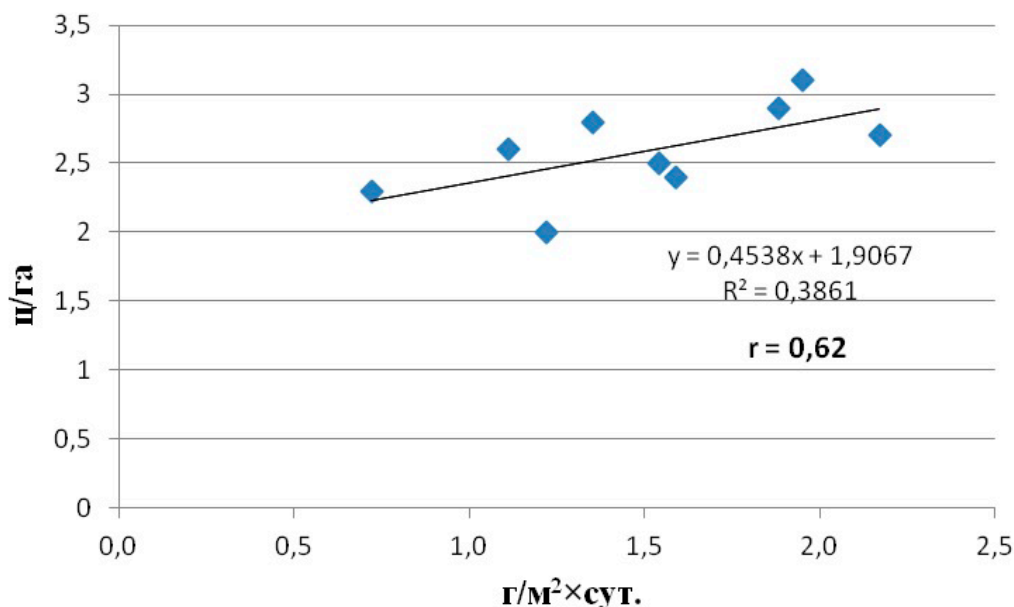


Рис. 4. Точечный график и теоретические линии регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью семян клевера гибридного и ЧПФ, среднее за 2018–2019 гг.

Исследования 2019–2020-х гг. показали, что максимальная урожайность семян сформировалась при внесении биостимуляторов Агропон С и Альбит, где ЧПФ находилась в пределах 4,1–4,5 г/м² в сутки сухого вещества. За этот период выявлена слабая корреляционная

связь ($r = 0,11$) уровня урожайности клевера и ЧПФ.

Использование изучаемых препаратов для внекорневой обработки клевера гибридного в среднем за годы исследований повышало ЧПФ на 0,2–1,0 г/м² · сут.

Заключение

Изучение фотосинтетической деятельности клевера гибридного семенных посевах на осушенных дерново-подзолистых глееватых суглинистых почвах севера Беларуси показало следующее.

1. Максимальный рост площади листовой поверхности клевера гибридного в 2018–2020 гг. наблюдался в фазу цветения. После наступления периода массового цветения головок происходило быстрое отмирание всех листьев и их площадь резко уменьшалась.

2. Установлена прямая корреляционная связь урожайности семян клевера гибридного с площадью листовой поверхности, фотосинтетическим потенциалом в среднем за 2018–2019 гг. ($r = 0,86$) и за 2019–2020 гг. ($r = 0,50$).

3. Некорневые обработки в 2018–2019 гг. биостимуляторами роста Агропон С и микроудобрением Наноплант Со, Мп, Си, Фе способствовали максимальному увеличению площади листьев в среднем за два года жизни (63,7 и 62,9 тыс. м²/га) и фотосинтетического

потенциала (1974,3 и 1947,8 тыс. м² · сут./га соответственно). Максимальный урожай семян клевера гибридного (2,17 ц/га и 1,95 ц/га) сформировался в этих вариантах. Наиболее высокие показатели чистой продуктивности фотосинтеза получены при использовании Нанопланта – 3,1 г/м² · сут. и Альбита – 2,9 г/м² · сут.

4. Исследования 2019–2020 гг. показали, что максимальная площадь листьев и фотосинтетического потенциала в среднем за два года жизни сформировалась при внесении биостимулятора роста Стимпо (54,9 тыс. м²/га и 1701,9 тыс. м² · сут./га) и микробного препарата Ризофос-*Trifol* (47,5 тыс. м²/га и 1472,5 тыс. м² · сут./га); эти значения стали оптимальными вариантами для получения максимальной урожайности семян клевера (2,29 ц/га и 2,16 ц/га соответственно). Показатели ЧПФ достигали максимума при некорневой подкормке препаратами Альбит до 4,5 г/м² · сут. и Агропон С до 4,1 г/м² · сут.

Библиографический список

1. 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.
2. Пономаренко, С. П. Регуляторы роста растений / С. П. Пономаренко. – Киев : Ин-т биоорг. химии и нефтехимии НАН Украины, 2003. – 319 с.
3. 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.
4. Фатеев, А. И. Основы применения микроудобрений / А. И. Фатеев, М. А. Захарова. – Харьков : [б. и.], 2005. – 134 с.
5. Николаева, З. Ф. Влияние микроэлементов на семенную продуктивность клевера гибридного / З. Ф. Николаева // Агрехимия. – 1988. – № 2. – С. 68–71.
6. Витола, А. К. Взаимосвязь светового режима и азотного питания растений / А. К. Витола // Фотосинтез и продуктивность растений. – Рига : Зинатне, 1965. – С. 45–47.

Поступила 2 июня 2021 г.