



ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИКО-ОВСЯНОЙ СМЕСИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

Т.П. Сабирова (фото)

к.с.-х.н., доцент, доцент кафедры агрономии

С.В. Щукин

к.с.-х.н., доцент кафедры агрономии

Р.А. Сабиров

к.с.-х.н., доцент, доцент кафедры агрономии

Е.В. Носкова

к.с.-х.н., агроном-исследователь научно-исследовательской лаборатории ресурсосберегающих технологий
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, г. Ярославль

*Вико-овсяная смесь,
урожайность,
обработка почвы,
удобрения,
фотосинтетический
потенциал,
площадь листьев,
облиственность*

*Vetch-oat mixture,
yield, tillage, fertilizers,
photosynthetic potential,
leaf area, leaf coverage*

В Северо-Западном регионе ведущая роль в сельском хозяйстве принадлежит отрасли животноводства. Обеспечение животных высококачественными кормами, сбалансированными по протеину, должно осуществляться за счёт посевов кормовых культур. В Нечернозёмной зоне на кормовые цели традиционно возделывают вико-овсяную смесь. Регулируя соотношение вики и овса в смеси, получают сбалансированные по содержанию переваримого протеина корма. Чистые посевы овса дают зелёную массу, богатую углеводами, но бедную белками, вика – богатую белками, но бедную углеводами. Поэтому их смесь в определённом соотношении компонентов представляет собой полноценный по питательности корм. Кроме того, в зелёной массе смеси значительно меньше клетчатки, чем в чистом посеве овса, что повышает поедаемость и белковую полноценность корма. Смеси дают более устойчивые урожаи, так как снижение урожая одной культуры восполняется другой, качественно улучшается кормовая масса. В северных районах Нечерноземья однолетние травы по посевным площадям среди полевых культур занимают второе место после старосеянных многолетних трав [1]. Урожайность зелёной массы однолетних трав в регионе низкая, так, в условиях Ярославской области в 2017 году она была на уровне 111,4 ц/га, что в переводе на сухое вещество всего около 22,3 ц/га [2]. Урожай сухой биомассы растений на 90–95% составляют органические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза. Поэтому основной путь повышения урожайности – повышение фотосинтетической продуктивности растений и коэффициентов использования солнечной радиации [3]. Повышению фотосинтетической продуктивности растений, коэффициента использования ФАР (фотосинтетически активная радиация), урожайности однолетних культур способствует научно обоснованная система применения удобрений [4, 5].

Недостаточные дозы применения органических и минеральных удобрений ведут к недобору урожая возделываемых культур [6]. При создании оптимальных условий для жизнедеятельности клубеньковых бактерий экологически чистой биомассы вика яровая формирует без внесения минеральных азотных удобрений за счёт фиксации азота из почвенного воздуха. Она одна из культур, которая развивается лучше всего на связных, характеризующихся высокой водоудерживающей способностью с широким интервалом кислотности ($pH_{\text{ксе}} 5,0-6,5$) почвах. То есть вика яровую по биологическим требованиям возможно выращивать при минимизации обработки почвы. По данным К.И. Саранина, Н.А. Старовойтова [7], вико-овсяная смесь, клевер, озимая рожь не реагировали отрицательно на замену вспашки поверхностной обработкой в течение 1–2 лет и более на дерново-подзолистых почвах. По данным А.М. Труфанова, урожайность зелёной массы однолетних трав существенно не отличается при использовании систем обработок почвы разной интенсивности, и для получения запланированной урожайности зелёной массы вико-овсяной смеси можно рекомендовать применение поверхностно-отвальной системы основной обработки почвы по фону «солома + NPK» [8].

Для выявления влияния систем основной обработки почвы и удобрений на урожайность вико-овсяной смеси были заложены полевые опыты.

Условия и методы исследований

Экспериментальная работа проводилась в 2018 году в многолетнем трёхфакторном стационарном полевом опыте, заложенном на опытном поле ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА (д. Бекренево Ярославского муниципального района) в 1995 году на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве, под руководством заведующего кафедрой земледелия, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Смирнова Б.А. Перед закладкой опыта почва пахотного горизонта содержала: органического вещества – 3,29%; легкодоступного фосфора – 356,6, обменного калия – 71,5 мг/кг почвы; сумма обменных оснований составляла 22,15; гидролитическая кислотность – 1,38 мг-экв. на 100 г почвы; $pH_{\text{ккл}} - 6,13$. Предшественником являлся ячмень.

Фактор А. Система основной обработки почвы, «О»:

Отвальная: вспашка на 20–22 см с предварительным лущением на 8–10 см, ежегодно, «О₁».

Поверхностная с рыхлением: рыхление на 20–22 см с предварительным лущением на 8–10 см 1 раз в 4 года + однократная поверхностная обработка на 6–8 см в остальные 3 года, «О₂».

Поверхностно-отвальная: вспашка на 20–22 см с предварительным лущением на 8–10 см 1 раз в 4 года + однократная поверхностная обработка на 6–8 см в остальные 3 года, «О₃».

Поверхностная: однократная поверхностная обработка на 6–8 см, ежегодно, «О₄».

В год закладки опыта (июль – август 1995 г.) на всех вариантах была проведена вспашка на 20–22 см с предварительным дискованием на 8–10 см.

Фактор В. Система удобрений, «У»:

Без удобрений, «У₁».

N₃₀, «У₂».

Солома 3 т/га, «У₃».

Солома 3 т/га + N₃₀ (азот в расчёте 10 кг д.в. на 1 т соломы), «У₄».

Солома 3 т/га + NPK (нормы минеральных удобрений, рассчитанные на планируемый урожай, в 2016 году – 250 ц/га, N₈₀P₈₀K₁₅₀), «У₅».

NPK (нормы минеральных удобрений, рассчитанные на планируемый урожай, в 2016 году – 250 ц/га, N₈₀P₈₀K₁₅₀), «У₆».

Фактор С. Система защиты растений от сорняков, «Г»:

Без гербицидов, «Г₁».

С гербицидами – в 2016 году изучалось последствие, «Г₂».

В опыте выращивались вика Ярославская 136 и овёс Скаун.

Методика опыта общепринятая. Статистическая обработка урожайности сухого вещества проведена методом дисперсионного анализа [9].

В 2018 году агрометеорологические условия были благоприятными для роста и развития растений, вегетационный период характеризовался как тёплый с умеренным выпадением осадков.

Результаты исследований

Основную часть ассимиляционной поверхности составляют листья, именно в них осуществляется фотосинтез. Фотосинтез может происходить и в других зелёных частях растений – стеблях, осях, зелёных плодах и т. п., однако вклад этих органов в общий фотосинтез обычно небольшой. Поэтому более облиственные растения будут давать и большее количество органического вещества. Наибольшее количество листьев

овёс сформировал при поверхностно-отвальной обработке почвы на варианте с применением азотных удобрений 30 кг/га, и его облиственность составила 38,2%. Наибольшее количество листьев вики яровая сформировала при поверхностной обработке почвы на варианте с применением азотных удобрений 30 кг/га, и её облиственность составила 67,9%.

Облиственность овса по системам основной обработки почвы в среднем составляла 19,7–20,45%, несколько ниже она была на варианте поверхностной обработки почвы – 16,45%, что на 2,6–4,0% ниже (табл. 1). При сравнении систем удобрений по облиственности наблюдается её снижение на варианте с применением соломы и азотных удобрений 30 кг/га (17,48%) на 2,9% по сравнению с вариантом без внесения удобрений (20,38%). На остальных вариантах, даже с внесением полных минеральных удобрений, облиственность овса была 18,46–19,55%. Действие гербицида понижало облиственность овса на 2,9% (17,37%) по сравнению с вариантом по биотехнологической системе защиты растений (20,26%). Облиственность растений вики яровой примерно в 2,5 раза выше этого показателя, чем у овса. Облиственность вики яровой по систе-

мам основной поверхностной обработки почвы в среднем составляла 50,14–52,68%. На варианте отвальной обработки почвы она составила 56,10%, что выше на 5,96–3,42%. Вносимые удобрения оказывали действие на облиственность растений вики яровой в сторону её увеличения. Если на варианте без внесения удобрений её облиственность в среднем составляла 50,74%, то при внесении удобрений этот показатель увеличился до 53,1–54,93%, что на 2,36–4,19% выше. Действие гербицида понижало облиственность вики яровой на 4,3% (50,34%) по сравнению с вариантом по биотехнологической системе защиты растений (54,65%).

Принято сравнивать посеы между собой, а также различные состояния одного посева в динамике по площади листьев, отождествляя её с понятием «ассимиляционная поверхность». Площадь листьев различных сельскохозяйственных растений может сильно варьировать в течение вегетации в зависимости от условий водоснабжения, питания, агротехнических приёмов. Максимальная площадь листьев в засушливых условиях достигает всего 5...10 тыс. м²/га, а при избыточном увлажнении и азотном питании она может превышать 70 тыс. м²/га. Считается, что при индексе

Таблица 1 – Облиственность овса и вики яровой в смеси в среднем по изучаемым факторам, 2018 г.

Фактор	Овёс			Вика яровая		
	масса растений, г/м ²	масса листьев, г/м ²	облиственность, %	масса растений, г/м ²	масса листьев, г/м ²	облиственность, %
Фактор А	Система основной обработки почвы, «О»					
Отвальная, «О ₁ »	1223	227,98	19,29	1137	637,81	56,10
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	1268	194,04	19,07	1055	559,90	52,68
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	1273	238,02	20,45	1359	686,47	50,14
Поверхностная, «О ₄ »	1186	208,58	16,45	1136	568,32	51,07
Фактор В	Система удобрений, «У»					
Без удобрений, «У ₁ »	946	183,16	20,38	1108	569,43	50,74
N ₃₀ , «У ₂ »	1037	193,75	18,25	1082	568,19	53,13
Солома 3т/га, «У ₃ »	1129	197,78	19,55	1076	563,46	54,93
Солома 3т/га + N ₃₀ , «У ₄ »	1080	195,36	17,48	1012	476,65	52,45
Солома + NPK, «У ₅ »	993	267,58	18,46	1026	708,00	50,64
NPK, «У ₆ »	1085	265,29	18,78	942	793,01	53,10
Фактор С	Система защиты растений от сорняков, «Г»					
Биотехнологическая, «Г ₁ »	1121	218,99	20,26	1238	672,38	54,65
Интегрированная, «Г ₂ »	1246	215,32	17,37	1106	553,86	50,34

Фотосинтетический потенциал и продуктивность вико-овсяной смеси в зависимости от обработки почвы и удобрений в условиях Северо-Западного региона

листовой поверхности 4...5 посев как оптическая фотосинтезирующая система работает в оптимальном режиме, поглощая наибольшее количество ФАР.

Максимальная площадь листьев в посеве вико-овсяной смеси (66,50 тыс. м²/га) сформировалась на поверхностной с рыхлением основной обработке почвы на варианте с внесением полных минеральных удобрений, а минимальная (24,33 тыс. м²/га) – на этой же обработке почвы с применением одной соломы 3 т/га. Формирование урожая зависит не только от величины площади листьев, но и от времени её функционирования. Фотосинтетический потенциал (ФП) объединяет эти показатели. Наибольший показатель фотосинтетического потенциала отмечен на поверхностной с рыхлением основной обработки почвы на варианте с внесением полных минеральных удобрений 1828,75 тыс. м² дн./га. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) характеризует интенсивность фотосинтеза посева и представляет собой количество сухой массы растений в граммах, которое синтезирует 1 м² листовой поверхности за сутки. Чистая продуктивность фотосинтеза варьирует в течение вегетации. В первый

месяц вегетации ЧПФ выше, чем в последующий, так как в начале вегетации растения не затеняют друг друга, все листья хорошо освещены. В дальнейшем с увеличением площади листьев чистая продуктивность фотосинтеза начинает уменьшаться в связи с затенением нижних листьев. Поэтому наименьшая чистая продуктивность фотосинтеза получена на этом же варианте, где наблюдались наибольшая максимальная площадь листьев и фотосинтетический потенциал, и она составила 2,89 г/(м²дн.). Наибольший показатель ЧПФ 6,32 г/(м²дн.) отмечен, наоборот, при низкой максимальной площади листьев (28,7 тыс. м²/га) и низком ФП (789,25 тыс. м²дн./га) на варианте поверхностно-отвальной обработки почвы с внесением соломы 3 т/га и азотного удобрения 30 кг/га. При сравнении фотосинтетической деятельности вико-овсяной смеси в среднем по фактору основной обработки почвы отмечено, что при поверхностной обработке почвы сформировались наименьшие показатели площади листьев (43,6 тыс. м²/га) и фотосинтетического потенциала (1197,8 тыс. м²дн./га), а чистая продуктивность фотосинтеза, наоборот, имела более высокий показатель 4,1 г/(м²дн.) (табл. 2).

Таблица 2 – Основные показатели фотосинтетической деятельности посева вико-овсяной смеси в среднем по изучаемым факторам, 2018 г.

Фактор	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Сухое вещество, ц/га	ФП, тыс. м ² дн./га	ЧПФ, г/(м ² дн.)	КПД ФАР
Фактор А	Система основной обработки почвы, «О»				
Отвальная, «О ₁ »	45,9	49,04	1263,6	3,9	1,56
Поверхностная с рыхлением, «О ₂ »	45,5	44,85	1250,9	4,0	1,42
Поверхностно-отвальная, «О ₃ »	45,0	55,36	1238,7	4,0	1,76
Поверхностная, «О ₄ »	43,6	53,34	1197,8	4,1	1,69
НСР ₀₅ А		F _φ < F ₀₅			
Фактор В	Система удобрений, «У»				
Без удобрений, «У ₁ »	38,0	45,63	1044,1	4,4	1,45
N ₃₀ , «У ₂ »	37,7	50,51	1036,7	4,7	1,60
Солома 3т/га, «У ₃ »	39,9	47,14	1097,3	4,7	1,50
Солома 3т/га + N ₃₀ , «У ₄ »	37,8	45,66	1040,3	4,7	1,45
Солома + НРК, «У ₅ »	37,9	59,44	1041,3	4,6	1,89
НРК, «У ₆ »	38,3	55,51	1052,9	4,6	1,76
НСР ₀₅ В		3,7			
Фактор С	Система защиты растений от сорняков, «Г»				
Биотехнологическая, «Г ₁ »	44,8	50,72	1232,6	4,3	1,61
Интегрированная, «Г ₂ »	43,6	50,58	1198,2	4,3	1,61
НСР ₀₅ С	х	F _φ < F ₀₅	х	х	х

Более высокие показатели площади листьев (45,9 тыс. м²/га) и фотосинтетического потенциала (1263,6 тыс. м²дн./га) вико-овсяной смеси в среднем по фактору основной обработки почвы отмечены, наоборот, при отвальной обработке почвы. Чистая продуктивность фотосинтеза по этому фактору была ниже и составила 3,9 г/(м²дн.). По фактору системы удобрений средняя площадь листьев составила 37,7–39,9 тыс. м²/га, что на 6,7 тыс. м²/га ниже, чем по системам обработки почвы. Поэтому чистая продуктивность фотосинтеза была выше при внесении удобрений и достигла 4,7 г/(м²дн.). Системы защиты растений на чистую продуктивность фотосинтеза не оказали влияния, по биотехнологической и интегрированной системам она составила 4,3 г/(м²дн.).

А.А. Ничипорович отмечает, что посеvy сельскохозяйственных культур по использованию ФАР можно разделить на следующие группы:

- обычные (0,5–1,5%),
- хорошие (1,5–3,0%),
- рекордные (3,5–5,0%),
- теоретически возможные (6–8%).

Чем выше коэффициент использования ФАР, тем выше урожай биомассы. Обычный коэффициент использования ФАР (1,42%) отмечен в посеve вико-овсяной смеси при поверхностно-отвальной обработке почвы, а также здесь получена и низкая урожайность сухого вещества (44,85 ц/га) в сравнении с другими обработками почвы. Отвальная, поверхностно-отвальная и поверхностная основные обработки почвы способствовали хорошему использованию коэффициента ФАР. Наибольшая сухая масса вико-овсяной смеси сформировалась при поверхностно-отвальной основной обработке почвы, и она составила 55,36 ц/га при использовании ФАР 1,76%. Внесение удобрений увеличивало коэффициент использования ФАР. В среднем по фактору систем удобрений наибольшая урожайность сухой массы вико-овсяной смеси (59,44 ц/га) получена при внесении полных минеральных удобрений в сочетании с соломой при использовании ФАР 1,89%. По системам защиты растений при хорошем исполь-

зовании коэффициента ФАР урожайность сухого вещества смеси сформировалась одинаковой.

Выводы

Облиственность овса по системам основной обработки почвы в среднем составляла 19,7–20,45%. По фактору систем удобрений его облиственность была 18,46–19,55%. Действие гербицида понижало облиственность овса на 2,9%. Облиственность вики яровой по системам основной поверхностной обработки почвы в среднем составляла 50,14–52,68%. Вносимые удобрения оказывали действие на облиственность растений вики яровой в сторону её увеличения.

В среднем по фактору основной обработки почвы при отвальной обработке у вико-овсяной смеси отмечены более высокие показатели площади листьев (45,9 тыс. м²/га) и фотосинтетического потенциала (1263,6 тыс. м²дн./га), но чистая продуктивность фотосинтеза оказалась выше при поверхностной обработке – 4,1 г/(м²дн.). В среднем по фактору систем удобрений средняя площадь листьев у смеси достигала 37,7–39,9 тыс. м²/га. Чистая продуктивность фотосинтеза повышалась при внесении удобрений и достигла 4,6–4,7 г/(м²дн.). Системы защиты растений на чистую продуктивность фотосинтеза не повлияли.

Увеличению коэффициента использования ФАР способствовали поверхностно-отвальная и поверхностная обработки почвы, а также внесение полного минерального удобрения в сочетании с соломой. Наши исследования показали, что вико-овсяная смесь высокую урожайность сухого вещества (53,34–55,36 ц/га) формирует при поверхностно-отвальной и поверхностной основной обработке почвы. В среднем по фактору систем удобрений наибольшая урожайность сухой массы вико-овсяной смеси (59,44 ц/га) получена при внесении полных минеральных удобрений в сочетании с соломой при использовании ФАР 1,89%. По системам защиты растений при хорошем использовании коэффициента ФАР урожайность сухого вещества смеси сформировалась одинаковой.

Литература

1. Сабирова, Т.П. Влияние удобрений на продуктивность и питательность зеленой массы вико-овсяной смеси и кукурузы [Текст] / Т.П. Сабирова, Р.А. Сабиров, Д.А. Косоуров // Управление плодородием и улучшение агроэкологического состояния земель: сб. науч. тр. по матер. Национальной науч.-практ. конф. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2018. – С. 31–37.
2. Ярославская область. 2017 [Текст]: Стат. сб. / Ярославльстат. – Ярославль, 2017. – 462 с.
3. Гриценко, В.В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур [Текст] / В.В. Гриценко, В.Е. Долгодворов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 56 с.

4. Тюлин, В.А. Формирование устойчиво продуктивных однолетних смешанных посевов на основе оптимизации минерального питания [Текст] / В.А. Тюлин, А.С. Васильев, Н.В. Бирюкова // Молочнохозяйственный вестник. – 2015. – № 4 (20). – С. 48–56.

5. Налиухин, А.Н. Влияние инновационных видов удобрений на продуктивность вико-овсяной смеси в Нечерноземной зоне России [Текст] / А.Н. Налиухин, Д.А. Белозеров, О.В. Силуянова // Главный агроном. – 2018. – № 1–2. – С. 88–89.

6. Окорков, В.В. Удобрения и продуктивность севооборотов на серых лесных почвах Верхневолжья [Текст] / В.В. Окорков, О.А. Фенова, Л.А. Окоркова // Агрохимия. – 2018. – № 2. – С. 56–70.

7. Ресурсосберегающие системы обработки почвы [Текст] / под ред. академика ВАСХНИЛ И.П. Макарова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 242 с.

8. Труфанов, А.М. Изменение численности полезных педобионтов при возделывании вико-овсяной смеси под влиянием различных систем обработки почвы и удобрений [Текст] / А.М. Труфанов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2017. – № 1 (37). – С. 13–17.

9. Доспехов, Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка данных [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Изд-во Колос, 1972. – 206 с.

References

1. Sabirova, T.P. Vlijanie udobrenij na produktivnost' i pitatel'nost' zelenoj massy viko-ovsjanoy smesi i kukuruzy [Tekst] / T.P. Sabirova, R.A. Sabirov, D.A. Kosourov // Upravlenie plodorodiem i uluchshenie agroekologicheskogo sostojanija zemel': sb. nauch. tr. po mater. Nacional'noj nauch.-prakt. konf. – Jaroslavl': Izd-vo FGBOU VO Jaroslavskaja GSHA, 2018. – S. 31–37.

2. Jaroslavskaja oblast'. 2017 [Tekst]: Stat. sb. / Jaroslavl'stat. – Jaroslavl', 2017. – 462 s.

3. Gritsenko, V.V. Osnovy programmirovaniya urozhaev sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Tekst] / V.V. Gritsenko, V.E. Dolgodvorov. – М.: Agropromizdat, 1986. – 56 s.

4. Tyulin, V.A. Formirovanie ustojchivo produktivnyh odnoletnih smeshannyh posevov na osnove optimizacii mineral'nogo pitaniya [Tekst] / V.A. Tyulin, A.S. Vasil'ev, N.V. Biryukova // Molochnohozjajstvennyj vestnik. – 2015. – № 4 (20). – S. 48–56.

5. Naliukhin, A.N. Vlijanie innovacionnyh vidov udobrenij na produktivnost' viko-ovsjanoy smesi v Nechernozemnoj zone Rossii [Tekst] / A.N. Naliukhin, D.A. Belozеров, O.V. Siluyanovа // Glavnyj agronom. – 2018. – № 1–2. – S. 88–89.

6. Okorkov, V.V. Udobrenija i produktivnost' sevooborotov na seryh lesnyh pochvah Verhnevolzh'ja [Tekst] / V.V. Okorkov, O.A. Fenova, L.A. Okorkova // Agrohimiya. – 2018. – № 2. – S. 56–70.

7. Resursosberegajushhie sistemy obrabotki pochvy [Tekst] / pod red. akademika VASHNIL I.P. Makarova. – М.: Agropromizdat, 1990. – 242 s.

8. Trufanov, A.M. Izmenenie chislennosti poleznyh pedobiontov pri vozdelevanii viko-ovsjanoy smesi pod vlijaniem razlichnyh sistem obrabotki pochvy i udobrenij [Tekst] / A.M. Trufanov // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. – 2017. – № 1 (37). – S. 13–17.

9. Dospikhov, B.A. Planirovanie polevogo opyta i statisticheskaja obrabotka dannyh [Tekst] / B.A. Dospikhov. – М.: Izd-vo Kolos, 1972. – 206 s.