

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И НОРМ ВЫСЕВА В КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

С.А. Бахвалова, Г.Б. Демьянова-Рой, д.с.-х.н., А.В. Федорова,
*Костромской научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»*
Костромская область, Костромской район, с. Минское, ул. Куколевского, д.18, 156543
svetlanabahvalova5@gmail.com, gdemyan@yandex.ru

При изучении адаптивных способностей сортов озимой пшеницы отечественной селекции в условиях Костромской области рационально установить их реакцию на применение доз азотных подкормок при разных нормах высева. Результаты исследования показали, что наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы сформировалась при трехкратной азотной подкормке в дозе 30 кг д. в/га и нормах высева 4 и 6 млн всхожих зерен на 1 га. Максимальная урожайность отмечена у сортов Московская 56, Немчиновская 57 и Немчиновская 85, которая составила 35,6–37,3 ц/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, фотосинтетические показатели, азотные удобрения, норма высева семян.

Для цитирования: Бахвалова С.А., Демьянова-Рой Г.Б., Федорова А.В. Фотосинтетическая деятельность озимой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений и норм высева в Костромской области// Плодородие. – 2023. – №4. – С. 5-8. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.01.

Цель современной технологии производства зерновых культур – получение высоких урожаев. Продукция, формируемая посевами, является производным процессом фотосинтеза [1]. По мнению Ничипоровича А.А., Патрона П.И., Посыпанова Г.С., фотосинтетическая деятельность растений в посевах характеризуется величиной площади листьев и фотосинтетического потенциала, чистой продуктивностью фотосинтеза, интенсивностью работы ассимиляционного аппарата и коэффициентом энергетической эффективности формирования урожая [3, 5, 7]. Фотосинтез является уникальным биологическим процессом, в котором происходит преобразование световой энергии в химическую. От данного процесса существенно зависят интенсивность роста растений и формирование до 95% органического вещества урожая. В зависимости от вида сельскохозяйственной культуры в процессе фотосинтеза может участвовать как листовой аппарат, так и целое растение [1, 2, 4].

Цель наших исследований – изучить особенности фотосинтетической деятельности озимой пшеницы сортов отечественной селекции в зависимости от нормы высева и обеспеченности их азотом в разные годы в условиях Костромской области.

Методика. Исследования проводили в 2019-2022 г. на опытном поле Костромского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха» на пяти сортах озимой пшеницы (Московская 39, Московская 40, Московская 56, Немчиновская 57 и Немчиновская 85), созданных под руководством академика РАН Б.И. Сандухадзе. Изучали два фактора: фактор А – сроки внесения азотной подкормки (в фазы кущения, выхода в трубку и колошения) с дозой аммиачной селитры N₃₀, фактор В – нормы высева (2; 4 и 6 млн всхожих зерен на 1 га). Почва опытного участка дерново-подзолистая с содержанием гумуса 1,31% (по Тюрину), подвижного фосфора и

обменного калия (по Кирсанову) 212 и 95 мг/кг почвы соответственно, рН_{KCl} (потенциометрически) – 4,7. Предшественник озимой пшеницы – чистый пар. Схема опыта приведена ниже.

№ варианта	Норма высева зерен на 1 га		
	2 млн	4 млн	6 млн
1	Фон – N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀ весной в фазе кущения		
2	Фон + N ₃₀ в фазе выхода в трубку		
3	Фон + N ₃₀ в фазе выхода в трубку + N ₃₀ в фазе колошения		

Учеты, наблюдения и отбор растений озимой пшеницы проводили по методике Госкомиссии (1985). Ассимиляционную площадь листовой поверхности растений определяли расчетным способом (ВИР, 1984), корреляционный анализ проводили по стандартной схеме с использованием статистического пакета STATISTICA EXCEL.

Погодные условия в период изучения складывались по-разному, хотя Костромская область относится к зоне достаточного увлажнения. Атмосферных осадков за год выпадает от 560 до 700 мм с колебаниями в отдельные годы от 270 до 900 мм. Летом, когда влага расходуется на транспирацию, их количество составляет 250-300 мм.

Избыточное количество влаги в летний период наблюдается раз в 5-10 лет, а засушливое – 1-2 раза за 5 лет. Представленная климатическая характеристика показывает, что в целом метеорологические условия области благоприятны для роста и развития сельскохозяйственных культур длинногодневного фотопериодизма. Однако, отклонение показателей погодных условий от среднееголетних значительно влияет на формирование урожайности озимой пшеницы и параметры фотосинтетической деятельности посевов. Во все годы

наблюдений температура воздуха с апреля по август была выше или на уровне среднемноголетних значений.

Наибольшая площадь листовой поверхности наблюдалась в первые два года исследований. В вегетационный период 2019-2020 г. количество осадков и сумма среднемесячных температур были близки к биологическим требованиям культуры, что способствовало интенсивному наращиванию листовой поверхности. Вегетационный период 2020-2021 г. также был благоприятен для роста озимой пшеницы. Следует отметить, что в фазе колошения и налива зерна озимой пшеницы количество выпавших осадков было на 28-34 мм меньше среднемноголетних значений, а температура на 1,9-3,7°C выше. Однако к этому периоду растения уже нарастили листовую поверхность и такие особенности погодных условий не повлияли на снижение индекса листовой поверхности.

Вегетационный период 2021-2022 г. имел свои особенности, так при посеве озимой пшеницы, в начале сентября, сумма осадков составила 172 % от среднемноголетних значений, что привело к переуплотнению почвы. Такие погодные условия обусловили поздний посев (11 сентября) и низкую всхожесть семян, что в дальнейшем сказалось на росте и развитии озимой пшеницы.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований сортов отечественной селекции по фотосинтетической деятельности посевов объединены за 3 года наблюдений и приведены ниже в таблицах. На формирование показателей процесса фотосинтеза агротехническими способами огромное влияние оказывают густота посевов и азотное питание растений [6, 8, 9].

В исследованиях площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал и урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39 (табл. 1) увеличивались с повышением доз азотных подкормок и норм высева.

1. Фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39 (в среднем за 2020-2022 г.)

Доза азотных подкормок	Норма высева, млн семян/га	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	ФП, тыс. (м ² ·дн)/га	ЧПФ, г/(м ² ·сут)	Урожайность, ц/га
Фон (Ф)	2	9,4	1678	3,52	28,9
	4	10,2	1812	3,55	30,6
	6	11,2	2106	3,48	30,5
Ф + N ₃₀	2	9,5	1687	3,19	30,7
	4	10,3	1874	3,22	32,6
	6	11,8	2036	3,18	32,8
Ф + N ₃₀ + N ₃₀	2	10,1	1718	3,05	31,5
	4	10,8	1876	3,26	33,4
	6	12,5	2021	3,35	33,5
НСР _{0,5}		0,47	95,32	0,15	0,74
НСР _{0,5} : фактор А		0,14	30,33	0,08	0,37
фактор В		0,26	49,17	0,11	0,63

Следует отметить варианты с нормами высева 4 и 6 млн всхожих зерен на 1 га, где при всех дозах азотных подкормок урожайность практически одинаковая или имела незначительную разницу. Достоверная прибавка по площади листовой поверхности отмечена в вариантах с нормой высева 4 млн всхожих зерен на 1 га при трехкратной азотной подкормке, при норме высева 6 млн всхожих зерен на 1 га – при всех дозах азотных подкормок. Урожайность посевов существенно различалась в вариантах с двукратной азотной подкормкой при нормах

высева 4 и 6 млн зерен на 1 га, тогда как с трехкратной азотной подкормкой – при всех нормах высева.

Достоверная прибавка по площади листьев, фотосинтетическому потенциалу и по урожайности озимой пшеницы сорта Московская 40 отмечена в тех же вариантах, что и по сорту Московская 39, а именно при двукратной подкормке с нормами высева 4 и 6 млн всхожих зерен на 1 га, при трехкратной подкормке с каждой нормой высева (табл.2).

2. Фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы сорта Московская 40 (в среднем за 2020-2022 г.)

Доза азотных подкормок	Норма высева, млн семян/га	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	ФП, тыс. (м ² ·дн)/га	ЧПФ, г/(м ² ·сут)	Урожайность, ц/га
Фон (Ф)	2	7,1	1413	3,59	29,4
	4	7,7	1441	3,79	30,7
	6	8,4	1481	3,72	30,9
Ф + N ₃₀	2	7,6	1526	3,28	30,9
	4	8,5	1583	3,42	32,8
	6	8,9	1572	3,52	33,0
Ф + N ₃₀ + N ₃₀	2	8,2	1722	3,14	32,0
	4	8,7	1773	3,21	33,6
	6	9,8	1786	3,29	33,7
НСР _{0,5}		0,21	82,69	0,51	1,06
фактор А		0,05	21,12	0,13	0,37
фактор В		0,11	36,58	0,27	0,63

В среднем за вегетацию чистая продуктивность фотосинтеза была наибольшей на сорте Московская 40, у которого, в сравнении с другими сортами, была наименьшая площадь листьев. Увеличение доз азотных подкормок привело к снижению чистой продуктивности фотосинтеза, что обусловлено взаимным затенением листьев при их значительной площади.

По сорту Московская 56 прибавка по урожайности и показателям площади листовой поверхности растений озимой пшеницы (табл.3) отмечена во всех вариантах, кроме вариантов с нормой высева 2 млн всхожих зерен на 1 га при одно- и двукратной азотных подкормках.

3. Фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы сорта Московская 56 (в среднем за 2020-2022 г.)

Доза азотных подкормок	Норма высева, млн семян/га	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	ФП, тыс. (м ² ·дн)/га	ЧПФ, г/(м ² ·сут)	Урожайность, ц/га
Фон(Ф)	2	9,4	1919	3,01	30,6
	4	10,4	1984	2,97	32,6
	6	10,9	1995	3,00	33,3
Ф + N ₃₀	2	9,7	2056	2,73	32,5
	4	10,6	2105	2,71	35,5
	6	11,5	2136	2,75	35,7
Ф + N ₃₀ + N ₃₀	2	10,2	2269	2,42	34,1
	4	10,8	2247	2,44	37,1
	6	11,9	2307	2,53	37,3
НСР _{0,5}		0,34	85,14	0,20	0,75
фактор А		0,12	32,91	0,07	0,17
фактор В		0,18	46,53	0,12	0,35

По фотосинтетическому потенциалу существенная разница с контролем отмечена в вариантах с двукратной азотной подкормкой при норме высева 4 и 6 млн всхожих зерен на 1 га и с тройной дозой азота при всех нормах высева.

У озимой пшеницы сорта Немчиновская 57 (табл. 4) достоверная прибавка по площади листовой поверхности отмечена в вариантах с однократной азотной подкормкой при норме высева 6 млн всхожих зерен на 1 га, с дву- и трехкратной азотными подкормками при нормах высева 4 и 6 млн всхожих зерен на 1 га.

4. Фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы сорта Немчиновская 57 (в среднем за 2020-2022 г.)

Доза азотных подкормок	Норма высева, млн семян/га	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	ФП, тыс. (м ² ·дн)/га	ЧПФ, г/(м ² ·сут)	Урожайность, ц/га
Фон (Ф)	2	8,9	1759	3,24	30,2
	4	9,5	1787	3,28	31,6
	6	9,9	1811	3,28	31,8
Ф + N ₃₀	2	9,6	2005	3,25	32,0
	4	10,8	2047	2,79	34,1
	6	11,2	2115	2,95	34,2
Ф + N ₃₀ + N ₃₀	2	9,7	2163	2,55	33,5
	4	10,3	2198	2,51	35,7
	6	10,7	2161	2,64	36,0
НСР _{0,5}		0,39	52,09	0,22	0,94
НСР _{0,5} : фактор А		0,13	21,44	0,10	0,46
фактор В		0,22	29,93	0,16	0,80

Фотосинтетический потенциал достоверно высокий во всех вариантах опыта, кроме вариантов с однократной азотной подкормкой. Урожайность озимой пшеницы сорта Немчиновская 57 имеет достоверную прибавку в вариантах с двукратной азотной подкормкой при нормах высева 4 и 6 млн всхожих зерен на 1 га и при трехкратной азотной подкормке со всеми нормами высева. Эффект применения азотных подкормок доказан статистически.

Существенное увеличение урожайности и фотосинтетического потенциала сорта озимой пшеницы Немчиновская 85 (табл.5) выявлено в тех же вариантах опыта, что и по сорту Немчиновская 57.

5. Фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы сорта Немчиновская 85 (в среднем за 2020-2022 г.)

Доза азотных подкормок	Норма высева, млн семян/га	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	ФП, тыс. (м ² ·дн)/га	ЧПФ, г/(м ² ·сут)	Урожайность, ц/га
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	2	8,3	1712	3,36	31,1
	4	8,7	1719	3,46	32,2
	6	8,9	1746	3,53	32,3
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀ + N ₃₀	2	8,2	1845	2,96	32,3
	4	9,2	1889	3,08	34,1
	6	9,5	1904	3,11	34,5
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀ + N ₃₀ + N ₃₀	2	8,5	2046	2,73	33,4
	4	9,6	2132	2,97	35,6
	6	11,0	2116	2,84	36,0
НСР _{0,5}		0,75	91,53	0,35	0,77
НСР _{0,5} : фактор А		0,25	29,74	0,13	0,21
фактор В		0,43	42,69	0,23	0,62

В среднем за три года исследований наибольшая площадь листьев отмечена в вариантах с трехкратной подкормкой аммиачной селитрой и нормой высева 6 млн всхожих зерен на 1 га у всех сортов озимой пшеницы.

У изучаемых сортов наиболее высокие показатели фотосинтетического потенциала отмечены при трехкратной подкормке аммиачной селитрой. У сортов Московская 39, Московская 40, Московская 56 при норме высева 6 млн всхожих зерен на 1 га, у сортов Немчиновская 57 и Немчиновская 85 при норме высева 4 млн всхожих зерен на 1 га.

Наблюдения за посевами изучаемых сортов озимой пшеницы позволили установить, что азотные подкормки способствовали увеличению площади листьев, тем самым увеличивались и фотосинтетический потенциал растений, и урожайность. Однако, следует отметить, что чистая продуктивность фотосинтеза при увеличении данных показателей уменьшалась.

Для определения характера и степени связи урожайности с морфофизиологическими признаками был проведен корреляционный анализ полученных результатов, который показал тесную корреляционную зависимость урожайности от площади листьев (табл. 6).

Коэффициент корреляции между урожайностью и фотосинтетическим потенциалом составил по всем сортам 0,8-0,9, кроме сортов Московская 39 и Московская 56. У этих сортов корреляционная зависимость показывает среднюю тесноту связи с коэффициентом корреляции 0,4-0,5. Корреляционная зависимость урожайности от чистой продуктивности фотосинтеза имеет обратно пропорциональную связь при отрицательных коэффициентах корреляции.

6. Коэффициент корреляции между урожайностью и фотосинтетическими показателями озимой пшеницы (в среднем за 2020-2022 г.)

Сорт	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП, тыс. (м ² ·дн)/га	ЧПФ, г/(м ² ·сут)
Московская 39 (стандарт)	0,7	0,5	-0,5
Московская 40	0,9	0,8	-0,6
Московская 56	0,8	0,4	-0,7
Немчиновская 57	0,8	0,9	-0,8
Немчиновская 85	0,9	0,9	-0,6

Выводы. Исследования показали, что внесение азотных удобрений в качестве подкормки и применение разных норм высева положительно повлияли на фотосинтетическую деятельность посевов озимой пшеницы. Это выразилось в увеличении площади листовой поверхности и показателей фотосинтетического потенциала растений, вследствие чего увеличилась и урожайность зерна. В результате проведенных исследований установлено, что наибольшая площадь листовой поверхности отмечена у сортов Московская 39 и Московская 56 (12,5 и 11,9 тыс. м²/га соответственно). Наибольший фотосинтетический потенциал был у сортов Московская 56 [2307 тыс. (м²·дн)/га] и Немчиновская 57 [2198 тыс. (м²·дн)/га]. Более высокая урожайность зерна получена по сортам озимой пшеницы Московская 56, Немчиновская 57 и Немчиновская 85 при трехкратной азотной подкормке с нормами высева 4 и 6 млн зерен на 1 га.

Литература

- Амелин А.В., Чекалин Е.И., Заикин В.В., Мазалов В.И., Икусов Р.А. Интенсивность фотосинтеза листьев у растений озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №9. – С. 41-48.
- Ашаев А.В., Ашаева О.В. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на фотосинтетические показатели посевов пшеницы// Инновационные технологии в АПК Евро-Северо-Востока РФ: сборник научных трудов. – Нижний Новгород, 2011. – 360 с.

3. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н. и др. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах // Методы и задачи учета в связи с формированием урожая. – М., 1961. – С. 11-46.
4. Посыпанов, Г.С. Сорты сои северного экотипа (возможные районы возделывания) / Г.С. Посыпанов, Т.П. Кобозева, В.Н. Посыпанова, У.А. Делаев, Е.В. Беляев // Зерновое хозяйство. – 2006. – №7. – С. 11-14.
5. Прядкина Г.А. Пигменты, эффективность фотосинтеза и продуктивность пшеницы // Физиология России. – 2018. – С. 97-108. doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126524
6. Тимошенко Э.В. Действие биопрепаратов на показатели фотосинтеза и урожайность яровой пшеницы в Амурской области // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №10. – С. 68-70. DOI 10.18454/IRJ.2015.41.092
7. Юсова О.А., Фризен Ю.В., Белан И.А. Параметры фотосинтеза яровой пшеницы питомника КАСИБ в условиях Западной Сибири //

- Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – №2. – С. 9-12.
8. Сысоев В.В., Долбилин А.В., Ляндебурская А.В. Влияние хелатных форм микроудобрений на рост, развитие и продуктивность озимой пшеницы в лесостепи Поволжья // Нива Поволжья. – 2014. – №4. – С. 81-86.
9. Хакимов Р.А., Никуфиров С.А., Хакимова Н.В. Влияние доз и сроков применения минеральных удобрений на формирование урожайности озимой пшеницы // Вестник Ульяновской Государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – №4. – С. 82-90. DOI 10.18286/1816-4501-2020-2-82-90
10. Федорова А.В., Бахвалова С.А., Демьянова-Рой Г.Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Плодородие. – 2022. – №5. – С. 30-32. DOI:10.25680/S19948603.2022.128.08

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF WINTER WHEAT DEPENDING ON DOSE OF NITROGEN FERTILIZER AND SEEDING RATES IN THE KOSTROMA REGION

*Bakhvalova Svetlana Anatolyevna – Researcher, PhD student,
Demyanova-Roy Galina Borisovna – Chief Researcher, Fedorova Alexandra Vasilievna – Senior Researcher
Kostroma Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre, Minskoe village, Kostroma region
svetlanabakhvalova5@gmail.com, gdemyan@yandex.ru*

When studying the adaptive abilities of winter wheat varieties of domestic breeding in the conditions of the Kostroma region, it is rational to establish their response to the use of doses of nitrogen supplements at different seeding rates. The results of the study showed that the highest yield of winter wheat grain was formed with a triple nitrogen fertilization with an application dose of 30 kg of a.i. and seeding rates of 4 and 6 million grains per hectare. The maximum yield was obtained in the varieties Moskovskaya 56, Nemchinovskaya 57 and Nemchinovskaya 85, it amounted to 35.6-37.3 q/ha.

Key words: winter wheat, productivity, photosynthetic parameters.

УДК 631.82:631.452

DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.02

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЗАПАСЫ АЗОТА И КАЛИЯ В ПОЧВЕ ЯБЛОНЕВОГО САДА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ КОЛОННОВИДНОЙ ЯБЛОНИ

*Л.И. Леонтьева, к.с.-х.н., О.А. Ветрова, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур»
302530, Орловская обл., Орловский р-н, д. Жилина,
e-mail: leonteva.lara@list.ru*

Цель настоящей работы – изучение влияния возрастающих доз азотных и калийных удобрений на запасы легкогидролизуемого азота и подвижного калия в почве, а также рост и продуктивность растений колонновидной яблони. Опыты проводили в экспериментальном саду, расположенном в лесостепной зоне Среднерусской возвышенности (Орловская обл.). Почва сада – агросерая среднесуглинистая с высоким содержанием органического вещества. Плодовые насаждения представлены деревьями колонновидной яблони сорта Восторг на подвое 62-396, посаженными в 2016 г. В качестве удобрений использовали мочевины ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) и сульфат калия (K_2SO_4) в дозах $\text{N}_{60}\text{K}_{80}$, $\text{N}_{90}\text{K}_{120}$, $\text{N}_{120}\text{K}_{160}$, которые вносили рано весной. Применение удобрений способствовало увеличению содержания легкогидролизуемого азота на 7,7-14,7%, подвижного калия на 54,8-59,8% в слое почвы 0-20 см. Улучшение обеспеченности почвы азотом и калием приводило к усилению вегетативного роста деревьев колонновидной яблони, улучшению работы фотосинтетического аппарата. Продуктивность деревьев варьировала от 2,3 до 3,3 кг/дерево, однако разница между вариантами находилась в пределах ошибки опыта.

Ключевые слова: колонновидная яблоня, азотные и калийные удобрения, легкогидролизуемый азот, обменный калий, продуктивность

Для цитирования: Леонтьева Л.И., Ветрова О.А. Влияние минеральных удобрений на запасы азота и калия в почве яблоневого сада и продуктивность деревьев колонновидной яблони // Плодородие. – 2023. – №4. – С. 8-18. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.02.

Для ведения рентабельного садоводства необходимо создание высокопродуктивных интенсивных садов. Одно из условий интенсификации садоводства – уплотненное размещение деревьев в саду. Для этой цели можно

использовать колонновидные сорта яблони, которые обладают компактной кроной с малым количеством боковых побегов. Древесина колонновидной яблони обладает повышенной прочностью, упругостью, способна выдерживать