

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОЛОКНА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

А.Н. Налиухин, д.с.-х.н., С.Г. Сон,
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева»
127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 6
e-mail: naliuhin@yandex.ru

**Работа выполнена за счет средств Программы развития университета
в рамках Программы стратегического академического лидерства "Приоритет-2030"**

Представлены результаты исследований в вегетационном опыте по изучению влияния различных доз азотного удобрения на продукционный процесс льна-долгунца сорта Визит при возделывании на дерново-подзолистой почве. В ходе эксперимента изучены физиолого-биохимические показатели льна-долгунца в разные фенологические фазы: всходы, ёлочка, интенсивный рост (начало, середина, конец), бутонизация и цветение. Схема опыта включала следующие варианты: без внесения удобрений (контроль) и пять возрастающих доз азотного удобрения (карбамида) из расчёта 30, 50, 70, 90 и 110 мг N/kg почвы. Достоверная прибавка урожайности льноволокна отмечена в интервале доз 30-70 мг/kg почвы. Дальнейшее усиление азотного питания не приводило к достоверной прибавке урожайности. Несмотря на возросшую биомассу соломы (в первую очередь за счёт увеличения толщины стебля), дополнительного прироста содержания льноволокна не наблюдалось. Наиболее качественное льноволокно получилось при соотношении гемицеллюлоза: целлюлоза/ лигнин (ГЦ/Ц/Л), равном 1:4:0,2 в варианте с дозой 70 мг N/kg почвы. В результате исследований получены данные по влиянию азотного питания на площадь фотосинтетической поверхности, концентрации в листьях пигментов и содержанию сахаров, ферментативной активности каталазы и пероксидазы. Установлено, что наибольшая концентрация пигментов в зависимости от площади листьев в варианте без удобрений, при этом фотосинтетическая поверхность была значительно меньше, чем в удобренных вариантах. Исходя из активности ферментов (каталазы и пероксидазы) можно предположить, что при оптимальном азотном питании уменьшается образование активных форм кислорода (АФК). Это приводит к улучшению роста и развития растений льна-долгунца, увеличивая адаптивный потенциал и способствуя формированию более качественного льноволокна.

Ключевые слова: лен-долгунец, азот, сухое вещество, качество льноволокна, урожайность, площадь фотосинтетической поверхности, хлорофилл, каталаза, пероксидаза.

Для цитирования: Налиухин А.Н., Сон С.Г. Формирование урожайности и химический состав волокна льна-долгунца при различных уровнях азотного питания// Плодородие. – 2025. – №5. – С. 21-26.
DOI: 10.25680/S19948603.2025.146.04.

Растения льна по современной ботанической классификации относятся к порядку Мальпигиецветные (*Malpighiales*), семейству льновых *Linaceae*, роду *Linum* L., виду *L. usitatissimum* [1]. Для возделывания на волокно используют преимущественно евразийский подвид, разновидность *elongate*, или лён-долгунец [2].

Корневая система льна-долгунца развита слабо и составляет 8-10% массы растения, причём основная её часть (до 80%) располагается в верхнем пахотном (0-22 см) слое почвы и обладает слабой поглотительной способностью. Рабочая адсорбирующая поверхность у льна-долгунца в несколько раз меньше, чем у яровой пшеницы и ячменя. В то же время относительная величина адсорбирующей поверхности корневой системы у льна-долгунца в 1,1 и 1,8 раза выше, чем, соответственно, у пшеницы и ячменя [3].

Наибольшее значение в повышении урожайности льна-долгунца отводится азоту (при оптимальном снабжении растений фосфором, калием и микроэлементами, в первую очередь бором и цинком). В то же время, даже незначительное превышение доз азота (свыше 30-40 кг/га) негативно сказывается на качестве волокна, а

также приводит к полеганию посевов, что затрудняет механизированную уборку.

По данным [4], внесение доз азотного удобрения выше 15 кг N /га приводит к снижению качества длинного волокна в льнотресте. При этом для повышения урожайности на малоплодородных почвах дозу азота следует увеличить до 45 кг д.в./га [5].

Наблюдается снижение урожая и качества льноволокна при увеличении дозы азота до 35 кг д.в./га [6]. На урожайность льна-долгунца влияет целый комплекс факторов: сортовые особенности, климатические условия и плодородие почв, в первую очередь их обеспеченность минеральным азотом (перед посевом), подвижным фосфором, калием и микроэлементами. При изучении сортовых особенностей льна-долгунца наблюдалось снижение окупаемости 1 кг д.в. NPK в порядке убывания сортов: Альфа > Зарянка [7]. Таким образом, уровень обеспеченности растений льна-долгунца азотом – важнейшее условие реализации генетического потенциала новых сортов.

Наряду с этим, необходимо изучить влияние азотного питания на физиолого-биохимические процессы роста и развития льна-долгунца, которые позволят выявить

донорно-акцепторные отношения между поступлением азота в растения и синтезом льноволокна. Изучение этой взаимосвязи поможет избежать снижения качественных показателей льноволокна при увеличении урожайности льна.

Цель нашей работы – изучить производственный процесс формирования урожайности и химический состав волокна льна-долгунца в условиях вегетационного опыта при различных уровнях азотного питания.

Методика. Эксперимент проводили в вегетационном домике кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Закладка вегетационного опыта была осуществлена в сосудах Митчерлиха, вмещающих 5,2 кг сухой почвы. Почва – дерново-слабоподзолистая средне-суглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,8% (по Тюрину), кислотность солевой вытяжки (pH_{KCl}) 5,4, гидролитическая кислотность – 3,3 ммоль (экв)/100 г почвы (по Каппену), сумма поглощенных оснований – 9,7 ммоль (экв)/100 г почвы (по Каппену-Гильковицу); содержание легкогидролизуемого азота – 49 мг/кг почвы; подвижного фосфора – 288, калия – 180 мг/кг (по Кирсанову).

Сорт льна-долгунца – Визит. Для изучения вопросов производственного процесса льна-долгунца при разных уровнях питания азотом в сосуды с почвой вносили азотное удобрение – карбамид (Nm), содержащее 46,2% азота в амидной форме. Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль; 2) Nm – 30 мг/кг почвы; 3) Nm – 50 мг/кг почвы; 4) Nm – 70 мг/кг почвы; 5) Nm – 90 мг/кг почвы; 6) Nm – 110 мг/кг почвы. Из-за высокой обеспеченности почвы фосфором и калием РК-удобрения в качестве фона не использовали. Опыт закладывали в 10-кратной повторности для изучения формирования элементов продуктивности льна-долгунца в различные этапы органогенеза.

Учет прироста биомассы осуществляли в следующие фенологические фазы (межфазные периоды): ёлочка, интенсивного роста (начало, середина, конец), бутонизация и цветения. Учёт урожайности проводили в зелёную

спелость, поскольку именно в этой фазе формируется волокно наивысшего качества. По фенологическим фазам определяли сухую массу растений льна, морфологические показатели, урожайность льносоломки и тресты (после росной мочки), выход льноволокна. Для изучения фотосинтетической активности измеряли площадь листьев и стеблей. Содержание пигментов (хлорофиллы а, б, а + б, каротиноиды) определяли спектрофотометрическим методом путем экстракции 100%-ным ацетоном по Хольму-Ветштейну при длинах волн 662, 644 и 440,5 нм. Анализ содержания редуцирующих сахаров вели фенольным методом, основанным на экстракции сахаров в этаноле и гидролизе супернатанта в концентрированной серной кислоте с фенолом, в результате чего образуются фурфурол и оксиметилфурфурол. Активность ферментов (каталазы, пероксидазы) в листьях льна проводили по методу Опарина.

Качество льноволокна оценивали химическим методом. Содержание гемицеллюлозы (ГЦ), целлюлозы (Ц) и лигнина определяли по разнице показателей нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) и кислотно-детергентной клетчатки (КДК). НДК определяли методом экстракции в нейтральном детергенте (NaOH, ЭДТА, $Na_2B_4O_7$) с последующим взвешиванием остатка клетчатки в тигле Гуча с дисками из фриттового стекла; КДК – в кислотном детергенте (ЦТАБ); лигнин – в 72%-ном р-ре H_2SO_4 . Сухой остаток сжигали в муфельной печи. Кроме того был проведён сравнительный анализ содержания целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина с использованием метода ближней инфракрасной спектроскопии на БИК-анализаторе Spectra Star 2600XT-R.

Результаты и их обсуждение. Лён-долгунец очень требователен к азоту и в то же время весьма чувствителен к его избытку. Сухая масса растений льна-долгунца сорта Визит в фазе ёлочка при разных уровнях азотного питания различалась незначительно (рис. 1). Различия между вариантами становятся более заметными с середины интенсивного роста, а максимальными – в фазах цветения и зелёной спелости.

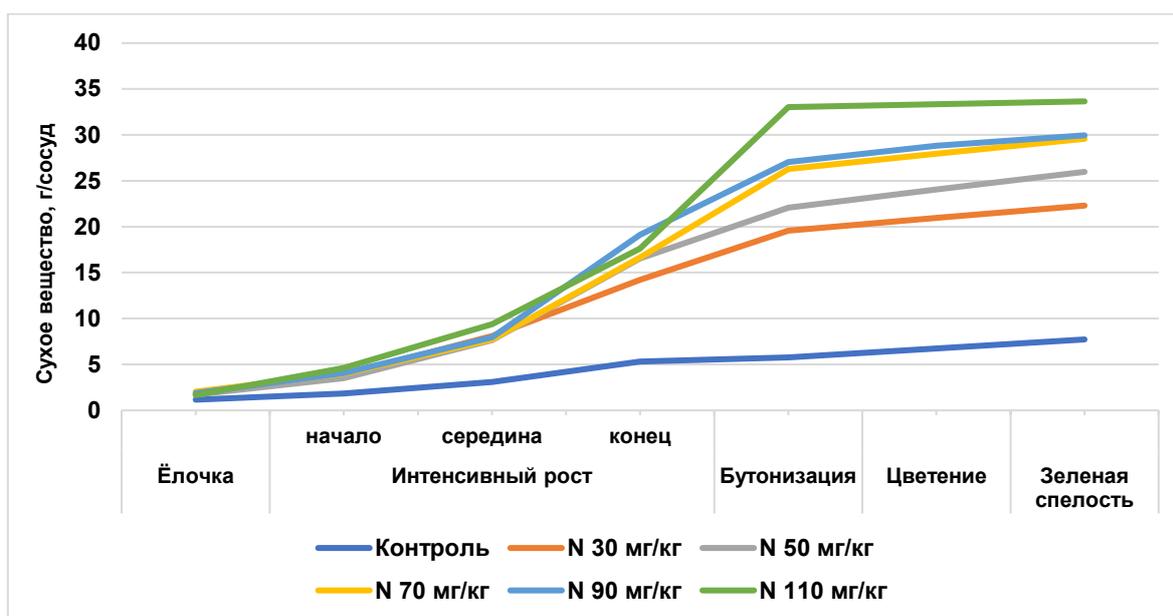


Рис. 1. Влияние доз азотного удобрения на прирост сухого вещества в различные фенологические фазы льна-долгунца

Резкий скачок суточного прироста сухого вещества отмечается с середины интенсивного роста и уменьшается в фазе цветения, в интервале 33-64 сут от всходов (рис. 2). Прирост сухого вещества при внесении азота в дозах 70-110 мг/кг почвы по сравнению с контролем без

азота достигал 5-10 раз. При этом следует заметить, что при внесении азота в средней дозе 50 мг/кг почвы, интенсивный прирост сухого вещества – 0,4-0,5 г/сут отмечался более продолжительный период – вплоть до цветения.

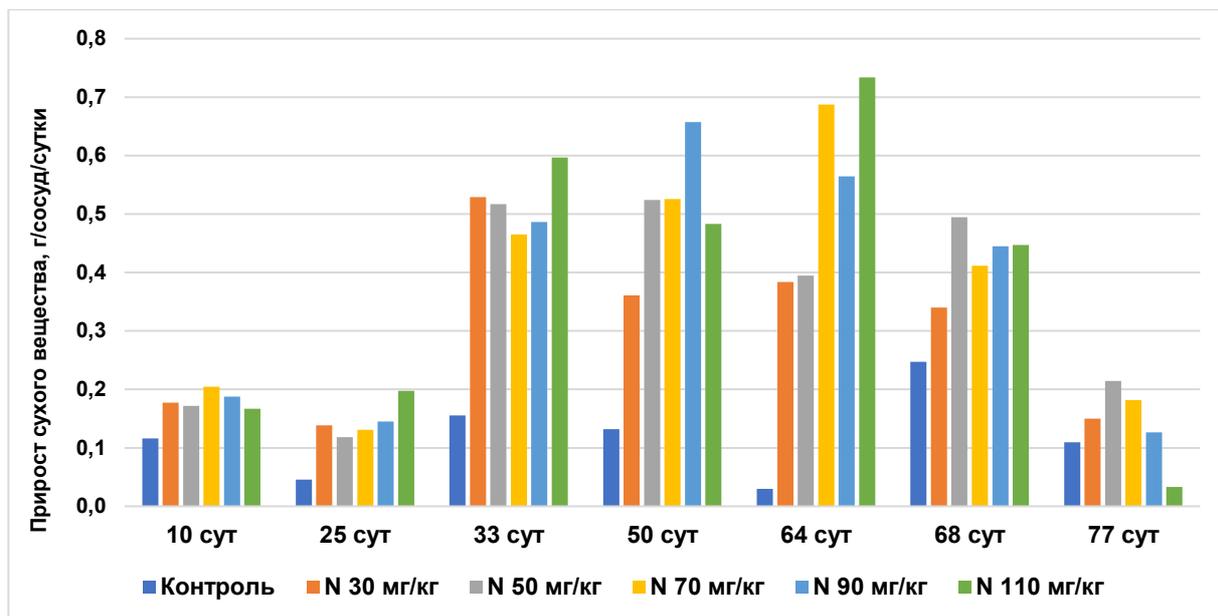


Рис. 2. Влияние доз азотного удобрения на прирост сухого вещества

За счёт усиления ростовых процессов при внесении азота высота растений льна увеличивалась на 28-39 см (до 77-94 см) по сравнению с контролем (табл. 1). При этом рост стебля льна в высоту практически полностью прекращался при внесении 50-70 мг N/kg почвы. Дальнейший прирост биомассы растений происходил в основном за счёт утолщения стебля с 0,7-0,8 мм на контроле до 1,3 мм при внесении максимальной дозы (110 мг/кг).

Количество коробочек на растениях льна в таких условиях было минимальным и составляло, в среднем, 1шт/растение.

1. Влияние доз азотного удобрения на морфологические параметры льна-долгунца

Вариант	Высота растения, см			Диаметр стебля, см			Число коробочек на 1 раст.	
	2023 г.	2024 г.	среднее	2023 г.	2024 г.	среднее	2023 г.	2024 г.
1. Контроль (без удобрений)	54,9	59,8	57,3	0,71	0,79	0,75	0	1
2. Nm, 30 мг/кг почвы	93,9	77,2	85,5	1,06	0,95	1,00	1	1
3. Nm, 50 мг/кг почвы	91,2	85,0	88,1	1,15	1,18	1,17	1	1
4. Nm, 70 мг/кг почвы	94,2	86,5	90,3	1,18	1,13	1,16	1	1
5. Nm, 90 мг/кг почвы	89,5	87,7	88,6	1,22	1,24	1,23	0	1
6. Nm, 110 мг/кг почвы	94,1	87,9	91,0	1,27	1,32	1,30	1	1
НСР ₀₅	5,4	6,7	-	0,10	0,09	-	-	-

Наиболее важным является вопрос выхода волокна при увеличении азотного питания растений льна-долгунца. Как показали исследования, достоверная прибавка урожайности льноволокна отмечалась в интервале доз 30-70 мг/кг почвы в 2023 г. (табл. 2). Дальнейшее усиление азотного питания не приводило к достоверной прибавке урожайности. Аналогичные закономерности были отмечены и в 2024 г. В среднем за 2 года накопленное льноволокна было наибольшим при внесении 70 мг N/kg почвы (8,8-7,4 г/сосуд). Несмотря на возросшую биомассу соломы (в первую очередь за счёт увеличения толщины стебля), дополнительного достоверного прироста содержания льноволокна не наблюдалось.

2. Влияние доз азотного удобрения на урожайность льноволокна (вегетационный опыт)

Вариант	Урожайность льноволокна, г/сосуд			Прибавка урожайности	
	2023 г.	2024 г.	Среднее за 2 года	г/сосуд	%
Контроль (без удобрений)	2,58	2,62	2,60	-	-
Nm, 30 мг/кг почвы	6,58	5,65	6,12	3,52	136
Nm, 50 мг/кг почвы	8,13	6,59	7,36	4,76	183
Nm, 70 мг/кг почвы	8,75	7,43	8,09	5,50	212
Nm, 90 мг/кг почвы	9,11	7,22	8,16	5,57	214
Nm, 110 мг/кг почвы	8,05	8,85	8,45	5,85	225
НСР ₀₅	1,32	0,93	-	-	-

У удобренных азотом растений изменяется анатомическое строение стебля: увеличивается число волокон на срезе, происходит укрупнение волокон и толщины их стенок, увеличивается диаметр просветов, что повышает урожай волокна до определённого предела.

Основной компонент льняного волокна – целлюлоза, представляющая собой линейные цепочки гомополимера, т.е. полимера, состоящего из мономеров одного типа β-D-глюкозы. Все остатки глюкозы соединены

между собой одним типом связи с участием первого атома углерода одной молекулы глюкозы и четвертого атома углерода следующей молекулы. Таким образом, химическое название целлюлозы β -1,4- D -глюкан, со степенью полимеризации около 10 тыс. Гемиллюлоза – основной компонент межклеточных образований в льняном волокне. Содержание гемиллюлозы варьируется в диапазоне 11,79–20%. Разветвлённые гемиллюлозы улучшают сегментальную подвижность структурных элементов волокнистого материала при деформирующих воздействиях, что придаёт гибкость. Кроме того, в волокне льна содержится небольшое количество лигнина – гетерополимера, образующегося из трех основных мономеров: п-кумарового, кониферилового и синапового спиртов, называемых монолигнолами. Лигнин является одним из самых стабильных органических соединений и трудно поддается экстракции из растительных тканей, чем выше его содержание, тем ниже качество волокна [8].

Различия между вариантами по содержанию гемиллюлозы и целлюлозы перестают быть существенными начиная с дозы азота 70 мг/кг почвы. В то же время, с повышением доз азотного удобрения содержание лигнина в волокне увеличивается (табл. 3). Всё это негативно сказывается на качестве волокна, в первую очередь на прочности и гибкости. В контрольном варианте содержание лигнина также высокое. В диапазоне доз азотного удобрения 30-70 мг/кг почвы соотношение между целлюлозой и гемиллюлозой остаётся довольно стабильным и составляет 3,4-3,7, в то время как на контроле содержание гемиллюлозы несколько выше, что косвенно указывает на то, что по гибкости оно будет превосходить все другие варианты.

3. Влияние доз азотного удобрения на химический состав льноволокна

Вариант	Химический метод			БИК-анализ		
	гемиллюлоза	целлюлоза	лигнин	гемиллюлоза	целлюлоза	лигнин
Контроль (без удобрений)	26,0	69,2	5,0	32,1	62,9	5,3
Нм, 30 мг/кг почвы	23,9	73,2	3,1	31,0	64,0	5,3
Нм, 50 мг/кг почвы	21,6	74,2	4,5	28,2	66,8	5,1
Нм, 70 мг/кг почвы	21,4	74,2	4,6	28,8	66,2	5,0
Нм, 90 мг/кг почвы	20,9	74,7	4,7	29,0	66,0	4,9
Нм, 110 мг/кг почвы	20,8	74,3	5,2	32,0	63,0	5,3
НСР ₀₅	2,1	2,2	0,8	2,7	2,9	0,2

БИК-анализ даёт несколько заниженные результаты по содержанию целлюлозы и завышенные – по содержанию гемиллюлозы в льноволокне (см. табл. 3).

Поверхность стебля льна начинает вносить свой вклад в формирование фотосинтетического потенциала с момента всходов. Это отличает лен от многих культурных растений, у которых стебель формирует поверхность позднее. В фазе ёлочки поверхность стебля составляет 37 % от общей поверхности растения, а в фазе зеленой спелости – более 60 % [8].

По результатам эксперимента, площадь листьев по мере увеличения доз азотного удобрения возрастает (табл. 4). Максимальная площадь листьев в фазе бутонизации-начала цветения на 1 растение льна при дозе азота

110 мг/кг почвы, а минимальная на контроле. Площадь фотосинтезирующей поверхности стебля увеличивается по мере возрастания доз азота до 19-20 см²/растение, что в 2-3 раза больше площади листьев льна-долгунца.

Также как урожайность сухого вещества, увеличивается фотосинтетическая поверхность. Максимальная площадь листьев при дозе азота 110 мг/кг почвы, а минимальная - на контроле. Площадь стебля как на 1 растение, так и на сосуд имеет тенденцию к уменьшению при увеличении дозы азота свыше 90 мг/кг.

Суммарная площадь фотосинтетической поверхности льна-долгунца в период бутонизации в расчёте на 1 сосуд увеличивается при максимальных дозах азота (90-110 мг/кг почвы). Вполне закономерно, это позволяет растениям накопить больше сухого вещества.

4. Влияние доз азотного удобрения на площадь фотосинтетической поверхности льна-долгунца в период бутонизации, см²

Вариант	Площадь листьев		Площадь стебля		Суммарная площадь листьев и стебля	
	1 растение	на 1 сосуд	1 растение	на 1 сосуд	1 растение	на 1 сосуд
Контроль (без удобрений)	5,4	422,4	13,0	1010,3	18,4	1432,7
Нм, 30 мг/кг почвы	5,5	506,4	16,7	1538,3	22,2	2044,7
Нм, 50 мг/кг почвы	6,9	565,9	18,6	1525,6	25,5	2091,5
Нм, 70 мг/кг почвы	9,5	860,8	18,8	1714,4	28,3	2575,2
Нм, 90 мг/кг почвы	9,4	843,2	20,1	1808,6	29,5	2651,9
Нм, 110 мг/кг почвы	10,1	920,3	18,8	1714,4	35,1	2634,7

5. Влияние доз азотного удобрения на концентрацию пигментов в листьях и стеблях льна-долгунца в период бутонизации

Вариант	Орган растения	Содержание пигментов, мг/кг сухого вещества				Общие сахара, %
		Хл. a	Хл. b	Хл. a + Хл. b	Каротиноиды	
Контроль	Лист	3,30	1,88	5,19	26,4	1,17
	Стебель	0,83	0,29	1,12	6,82	-
Нм, 30 мг/кг почвы	Лист	2,12	0,86	2,97	19,6	5,03
	Стебель	0,64	0,23	0,87	5,77	-
Нм, 50 мг/кг почвы	Лист	2,47	0,93	3,40	19,8	4,95
	Стебель	0,63	0,25	0,87	5,40	-
Нм, 70 мг/кг почвы	Лист	2,31	0,84	3,15	21,0	5,86
	Стебель	0,52	0,22	0,74	5,69	-
Нм, 90 мг/кг почвы	Лист	2,01	0,75	2,76	17,6	6,56
	Стебель	0,47	0,21	0,68	4,65	-
Нм, 110 мг/кг почвы	Лист	2,60	0,94	3,55	22,6	7,09
	Стебель	0,63	0,27	0,91	5,96	-

Интересные закономерности наблюдаются по распределению пигментов в листьях и стеблях льна (табл. 5). В среднем по всем вариантам опыта, концентрация хлорофиллов a, b, a + b, а также концентрация каротиноидов в стеблях в 3,5-4,0 раза меньше, чем в листьях (рис. 3). Только в контрольном варианте содержание хлорофилла

в листьях в 6,5 раза больше, чем в стебле. Возможно, это является реакцией растений на недостаток азота. При этом максимальное содержание пигментов отмечено на контроле, что вполне закономерно, поскольку общая площадь фотосинтетической поверхности

невелика. Наблюдается довольно стабильное соотношение между хлорофиллом а/в как в листьях, так и в стеблях, которое с небольшими вариациями по вариантам опыта составляет 2,4-2,8:1, что говорит о генетически закреплённом признаке.

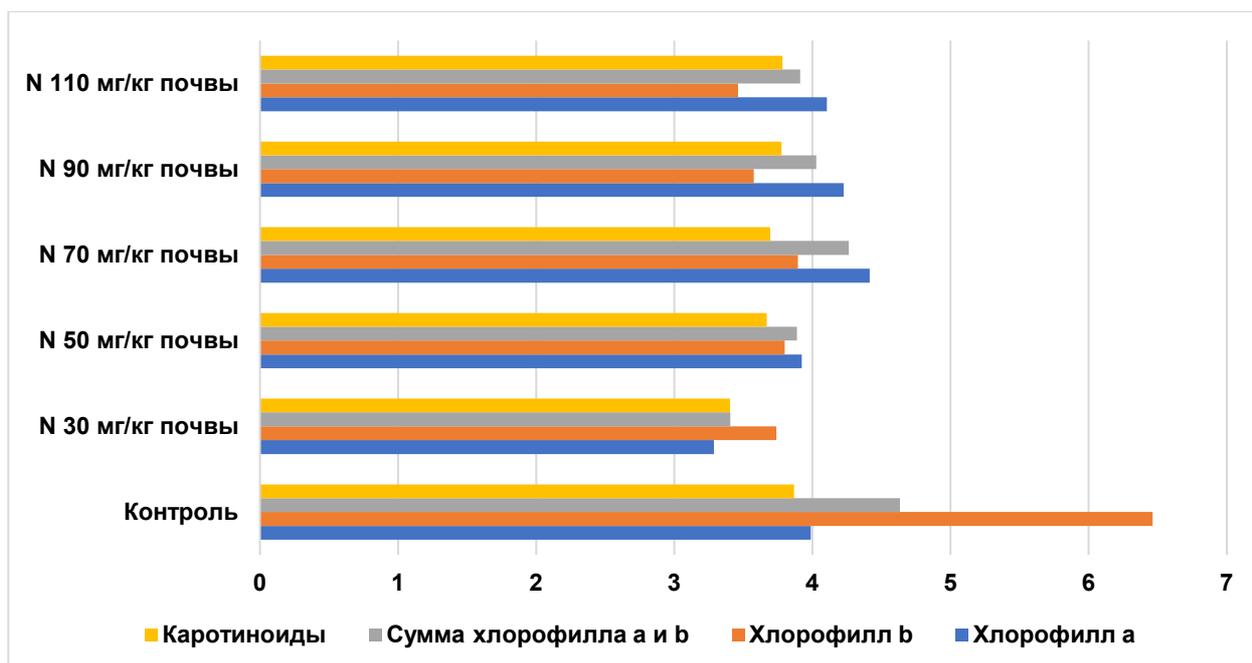


Рис. 3. Влияние доз азота на соотношение пигментов лист/стебель у льна-долгунца сорта Визит (вегетационный опыт)

Содержание сахаров в листьях повышается, начиная с контроля до варианта с максимальной дозой азота, при этом происходит резкий скачок между вариантами с азотным питанием и без него. Разница между контролем и опытными вариантами – до 5-6 раз.

Накопление сахаров свидетельствует о том, что приостанавливается их отток из листьев, вследствие чего прекращается синтез сахарозы в цитозоле клеток мезофилла, куда транспортируются триозы, образующиеся в хлоропластах в процессе фотосинтеза [9, 10]. Вероятно, усиленный синтез белка при увеличении азотного питания тормозит загрузку сахарозы во флоэму и её транспорт из-за уменьшения потребности в углеводах.

В зависимости от уровня питания льна-долгунца изменяется и активность ферментов (табл. 6). Так активность каталазы (КАТ) при повышении дозы азотного удобрения начинает расти до варианта с дозой 90 мг/кг почвы, далее идет её снижение.

Несколько иная картина по активности пероксидазы (ПО). Так у льна в контрольном варианте наблюдается высокая активность ПО, далее идет её снижение вплоть до максимальной дозы азота.

Каталаза (КАТ), в отличие от ПО, имеет низкое сродство с H_2O_2 , и работает как утилизатор активных форм кислорода (АФК) лишь при высоком их содержании.

Так для избегания окислительного стресса под действием АФК можно с уверенностью отметить, что в контрольном варианте основная нагрузка нейтрализации H_2O_2 приходится на ПО, которая постепенно снижается с повышением дозы. Кроме того ПО участвует в детоксикации ксенобиотиков, катаболизме фитогормонов и полимеризации фенольных соединений с образованием лигнина [11]. Возможно это и объясняет высокое содержание лигнина в контрольном варианте.

6. Влияние доз азотного удобрения на активность ферментов в листьях льна-долгунца в фазе бутонизации

Вариант	Активность ферментов, мккат/г раст массы	
	Каталаза	Пероксидаза
Контроль (без удобрений)	0,17	33,2
Нм, 30 мг/кг почвы	0,21	28,1
Нм, 50 мг/кг почвы	0,24	28,2
Нм, 70 мг/кг почвы	0,27	20,4
Нм, 90 мг/кг почвы	0,32	22,0
Нм, 110 мг/кг почвы	0,24	20,1

Заключение. В ходе проведенных исследований установлено, что достоверная прибавка урожайности льноволокна отмечалась в интервале доз 30-70 мг/кг почвы. Дальнейшее усиление азотного питания не приводило к достоверной прибавке урожайности. В среднем за 2 года, накопление льноволокна было наибольшим при внесении 70 мг N/кг почвы (8,8-7,4 г/сосуд).

Также отмечается, что различия между вариантами по содержанию гемицеллюлозы и целлюлозы в льняном волокне перестают быть существенными, начиная с дозы 70 мг азота/кг почвы. В то же время, с повышением доз азотного удобрения содержание лигнина в волокне увеличивается от 3,1 до 5,2%, что ухудшает прядильные свойства льна.

Наблюдается довольно стабильное соотношение хлорофиллов а/в как в листьях, так и в стеблях, которое с небольшими вариациями по вариантам опыта составляет 2,4-2,8:1, что говорит о генетически закреплённом признаке. Кроме того, замечен резкий скачок в накоплении сахаров в листьях между контролем и вариантами с азотным питанием, указывающий на нарушение донорно-акцепторных связей при усиленном азотном питании.

Активность каталазы и пероксидазы в листьях льна-долгунца имеет разнонаправленный характер. Каталазная активность изменяется по типу синусоиды, а пероксидазная, напротив, снижается по мере увеличения доз азота. Исходя из этого можно предположить, что при оптимальном азотном питании уменьшается образование активных форм кислорода (АФК), что приводит к улучшению роста и развития растений льна-долгунца, увеличивает адаптивный потенциал, способствует формированию более качественного льноволокна.

Литература

1. *Diederrichsen A., Richards K.* Taxonomy and germplasm conservation // In: *Flax: The genus Linum* / Ed. by A.D. Muir and N.D. Westcott. – Boca Raton, USA: CRC Press, 2003. – P. 39-42.
2. *Посыпанов Г.С., Долгодоров В.Е., Корнев Г.В., Филатов В.И. и др.* Растениеводство / Под ред. Г.С. Посыпанова. – М.: Колос, 1997. – 448 с.
3. *Тихомирова В. Я., Сорокина О. Ю.* Лен-долгунец. Биологические особенности. Управление формированием урожая и его качеством: научное издание – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2011. – 160 с.
4. *Прудников В.Л., Самсонов В.П., Евсеев П.А. и др.* Система удобрения в севообороте со льном-долгунцом – Текст: электронный. –

URL:<https://instituta.by/index.php/ru/nauka/razrabotki/rekomendatsii/40-sistema-udobrenij-v-sevooborote-so-lnom-dolguntom> (дата обращения: 16.07.2025).

5. *Белушова Е.Г., Спиридонов А.В., Титова В.И.* Влияние удобрений на урожайность льна и качество льнопродукции при выращивании его на светло-серой лесной легкосуглинистой почве // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2019. – № 1. – С.32-34.
6. *Хамутовский П.Р., Хамутовская Е.М., Балащенко Д.В.* Зависимость урожайности льна-долгунца сортов Лири и Згода от доз азотных удобрений и нормы высева семян // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2015. – № 2. – С.45-49.
7. *Налиухин А.Н.* Сортовая отзывчивость льна-долгунца на минеральные удобрения на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // *Плодородие*. – 2011. – № 6. – С. 9-11.
8. *Кошкин Е. И., Гагаулина Г. Г., Дьяков А. Б. и др.* Частная физиология полевых культур / Под ред. Е. И. Кошкина. – М.: КолосС, 2005. — 344 с.
9. *Дерябин А. Н., Трунова Т. И.* Коллигативные эффекты растворов низкомолекулярных сахаров и их роль у растений при гипотермии // *Известия РАН. Сер. Биологическая*. – 2022. – № 1. – С. 26–36.
10. *Игнатенко А.А., Репкина Н.С., Таланова В.В.* Участие каталазы и пероксидазы в повышении устойчивости пшеницы к низкой температуре // *Труды Карельского научного центра РАН*. – 2018. – № 4. – С. 74–83. DOI: 10.17076/them804.
11. *Ruan Y.L.* Sucrose metabolism: gateway to diverse carbon use and sugar signaling // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2014. V. 65. P. 33–67.

FORMATION OF PRODUCTIVITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF FLAX FIBER AT VARIOUS LEVELS OF NITROGEN NUTRITION

A.N. Naliukhin, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, S.G. Son, Postgraduate Student
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University –Moscow Timiryazev Agricultural Academy”
127434, Russia, Moscow, Pryanishnikova St., 6
e-mail: naliuhin@yandex.ru

The work was carried out with funds from the University Development Program within the framework of the Strategic Academic Leadership Program "Priority 2030"

Abstract. The paper presents the results of a two-year study (2023–2024) in a pot experiment to study the effect of different doses of nitrogen fertilizer on the production process of fiber-flax of the Visit variety when grown on sod-podzolic soil. During the experiment, physiological and biochemical parameters of fiber flax were studied in different phenological phases: germination, herringbone, intensive growth (beginning, middle, end), budding and flowering. The experimental design included the following options: without fertilizer application (control) and five increasing doses of nitrogen fertilizer (urea) at the rate of 30, 50, 70, 90 and 110 mg N/kg of soil. A significant increase in flax fiber yield was noted in the dose range of 30-70 mg/kg of soil. Further increase in nitrogen nutrition did not lead to a significant increase in yield. Despite the increased straw biomass (primarily due to the increased stem thickness), no additional increase in flax fiber content was observed. The highest quality flax fiber was obtained with a hemicellulose/cellulose, lignin (HC/C/L) ratio of 1:4:0.2 in the variant with a dose of 70 mg N/kg of soil according to chemical method. The studies yielded data on the effect of nitrogen nutrition on the area of the photosynthetic surface, the concentration of pigments in leaves and the content of sugars, the enzymatic activity of catalase and peroxidase. It was found that the highest concentration of pigments depending on the leaf area was noted in the variant without fertilizers, while its photosynthetic surface was significantly lower than in the fertilized variant. Based on the activity of enzymes (catalase and peroxidase), it can be assumed that with optimal nitrogen nutrition, the formation of reactive oxygen species (ROS) decreases, which leads to improved growth and development of flax plants, increasing the adaptive potential, promoting the formation of higher-quality flax fiber. Keywords: fiber-flax, nitrogen, dry matter, flax fiber quality, yield, photosynthetic surface area, chlorophyll, catalase, peroxidase.