

## ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ПОСЕВА И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Тезекбаева А.Е.<sup>1\*</sup>, докторант 3 курса по ОП 8D08102 «Органическое земледелие»

[ainash\\_25.08@mail.ru](mailto:ainash_25.08@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0001-5404-7264>

Шестакова Н.А.<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

[ninakul23@mail.ru](mailto:ninakul23@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9893-3372>

Хакл Й.<sup>2</sup>, PhD, профессор

[hakl@af.czu.cz](mailto:hakl@af.czu.cz), <https://orcid.org/0000-0003-4822-3441>

Соловьев О.Ю.<sup>3</sup>, магистр сельскохозяйственных наук

[solovyev\\_1990@mail.ru](mailto:solovyev_1990@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7341-5851>

<sup>1</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Чешский университет естественных наук, г. Прага, Чехия

<sup>3</sup>ТОО «Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция», п. Шагалалы, Казахстан

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований, направленные на изучение влияния сроков посева и минерального питания на динамику формирования элементов продуктивности льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) и разработку оптимальных агротехнических решений для зоны Северного Казахстана. Полевые исследования проводились на опытных участках Северо-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции (СК СХОС) в 2024-2025 гг. Эксперимент включал два варианта сроков посева (первая и третья декада мая) два фона: удобренный (P<sub>90</sub>) и неудобренный (P<sub>0</sub>) и три уровня минерального питания (без удобрений, NPKS, NPKS+urea). В ходе работы оценивались биометрические показатели растений, количество коробочек на растении, масса семян с растения, количество семян в коробочке, масса 1000 семян и урожайность.

Исследования показали, что сроки посева и минеральное питание оказывают значительное влияние на формирование элементов продуктивности льна масличного в условиях степной зоны Северного Казахстана. Корреляционный анализ выявил сильные положительные корреляции между урожайностью и числом семян с растения ( $r \approx 0,90$ ), урожайностью и массой 1000 зерен ( $r \approx 0,76$ ), а также количеством коробочек и числом семян с растения ( $r \approx 0,79$ ). Полученные взаимосвязи свидетельствуют о значимости этих признаков в формировании урожайности.

**Ключевые слова:** лен масличный; сроки посева; удобрения; элементы продуктивности, урожайность.

**Введение.** Лен масличный (*Linum usitatissimum* L.) является одной из ведущих масличных культур, используемых в пищевой, фармацевтической, текстильной и других отраслях промышленности [1]. В последние десятилетия наблюдается рост интереса к этой культуре, что обусловлено высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот в семенах, биологически активных веществ и клетчатки, а также широкими возможностями использования в аграрном секторе. Однако продуктивность льна масличного во многом определяется агротехническими приемами, среди которых ключевую роль играют сроки посева и уровень минерального питания [2].

Оптимальные сроки посева являются важнейшим фактором успешного выращивания сельскохозяйственных культур, поскольку определяют условия прорастания семян, формирования растений и их устойчивость к абиотическим факторам [3]. Исследования, проведенные в различных регионах России, показали, что оптимальные сроки посева варьируются в зависимости от почвенно-климатических условий [4,5,6]. В степной зоне Северного Казахстана, характеризующейся засушливым климатом и резкими колебаниями температур, этот фактор приобретает особую значимость, также как и использование

удобрений, поскольку только регулированием условий агротехники можно достигнуть повышение урожайности в небольшие сроки [7].

Результаты опытов Тимохина А.Ю., Бойко В.С., Михайлова В.В. 2024, показывают, что недостаток или избыток минеральных элементов может привести к снижению урожайности льна [8]. Например, избыточное внесение азота провоцирует вегетативный рост в ущерб генеративному развитию [9], тогда как недостаток фосфора снижает количество и массу семян [10]. Оптимальный уровень минерального питания является важной составляющей агротехники возделывания масличного льна, и его регулирование требует научного обоснования.

Несмотря на многочисленные исследования в области возделывания масличного льна, влияние сроков посева и минерального питания в условиях степной зоны Северного Казахстана изучено недостаточно. Климатические особенности региона — дефицит осадков, низкая влагоёмкость почвы, высокая континентальность климата — требуют разработки научно обоснованных рекомендаций по агротехнике этой культуры. Целью исследования является изучение динамики формирования элементов продуктивности масличного льна в зависимости от сроков посева и минерального питания с целью оптимизации агротехнических приёмов и повышения урожайности. Задачами исследования является определение влияния сроков посева и условий питания на фенологию масличного льна, а также изучение влияния агроприемов на формирование элементов продуктивности данной культуры в условиях региона.

**Материалы и методы исследования.** Исследования проводились в 2024–2025 годах на полях ТОО «Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция» (СК СХОС) расположенной, в Аккайынском районе Северо-Казахстанской области. Объект исследования – лен масличный сорт Кустанайский янтарь. Полевые опыты закладывались в соответствии с методикой по Б.А. Доспехову [11]. Площадь делянки 40 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная, размещение делянок последовательное, два фона: Р<sub>90</sub> (Аммофос - Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> - 46%, N-10%) и Р<sub>0</sub> – без удобрений, сроки посева – первая и вторая декады мая. Аммофос вносили осенью под основную обработку почвы. Посев осуществляли сеялкой СС-11 «Альфа» с нормой высева 6 млн всхожих семян на гектар. Все агротехнические мероприятия выполнялись в соответствии с требованиями зональной технологии.

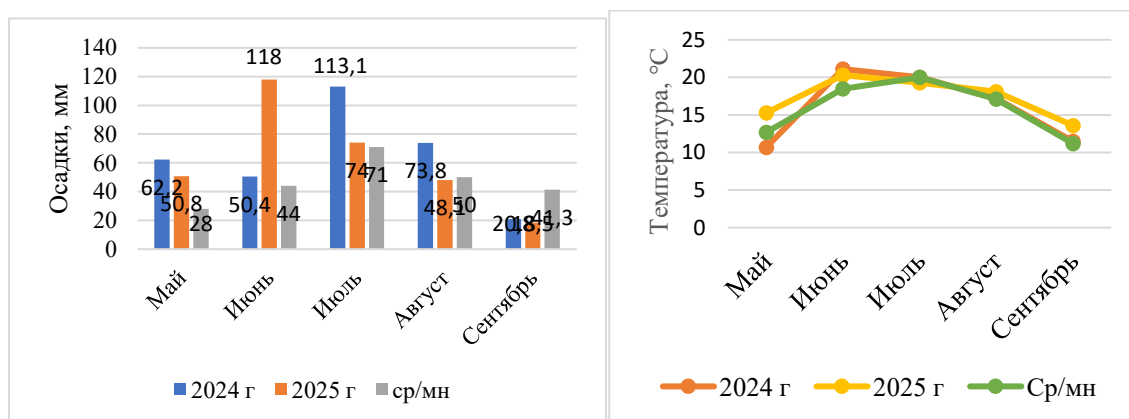
Почвы опытного участка представлены карбонатными суглинистыми чернозёмами с содержанием гумуса 4,8%. По данным анализа, почва характеризуется очень высоким уровнем обеспеченности подвижным калием – более 680 мг/кг (по Мачигину). Содержание нитратного азота в слое 0–20 см составляет 11 мг/кг (высокая обеспеченность по градации О.В. Сдобниковой), а подвижного фосфора (Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>) – 18 мг/кг, что соответствует среднему уровню (по Мачигину). Плотность верхнего горизонта (0–20 см) находится в пределах 1,0–1,1 г/см<sup>3</sup> при общей скважности 50–59%. Фенологические и биометрические наблюдения проводились по методике Лукомец В.М., Тишкова Н.М., Баранова В.Ф. и др. Учеты проводили по фазам развития растений: всходы, «ёлочка», бутонизация, цветение и созревание. Высоту растений льна масличного определяли от поверхности почвы до верхушки растения с помощью линейки или рулетки. Измерения проводили выборочно по 10 типичным растениям с каждой делянки [12].

Для определения структурных элементов урожая в фазе созревания на каждой делянке с пробных площадок площадью 1 м<sup>2</sup> отбирали снопы, связывали, прикрепляли этикетки с названием опыта, варианта, повторности. В лаборатории в каждом единичном снопе определяли показатели: массу снопа, г., число растений в снопе, шт., число коробочек на одном растении, шт., массу семян с одного растения, г., число семян в одной коробочке, шт., массу 1000 семян, г. [13]. Для обработки данных использовали корреляционный и многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Статистическую обработку данных выполняли в программах MS Excel и Statistica.

Для каждого исследуемого признака рассчитывали средние значения за два года исследований (2024–2025 гг.). Полученные средние показатели сравнивали с

соответствующими данными контрольного варианта с целью выявления значимых отличий и оценки агротехнических приемов.

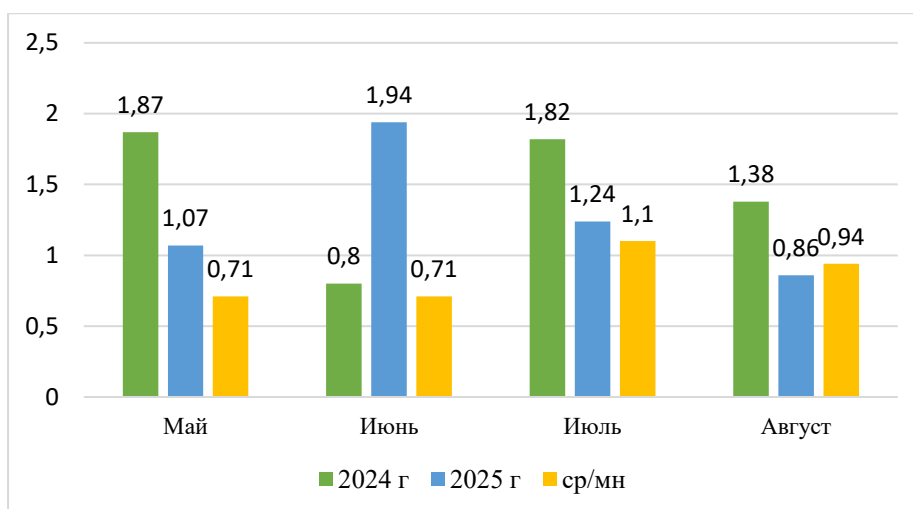
**Результаты и обсуждения.** По метеорологическим данным Северо-Казахстанской СХОС (метеопост Шагалалы) условия 2024-2025 с/х года складывались довольно мягкими. Перед посевом запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы соответствовали хорошей и высокой степени увлажнения и по агротехническим фонам находились в пределах 139,9-213,7 мм. В 2024 году за период май–август выпало 237,3 мм осадков, что на 44 % выше среднегодовой нормы (165 мм). Распределение влаги по декадам было неравномерным: в мае и июле отмечались обильные дожди (62,2 и 113,1 мм соответственно), тогда как в июне (50,4 мм) и августе (73,8 мм) количество осадков было ближе к норме. В июле значительные осадки во всех декадах (45,4–36,5–31,2 мм) способствовали росту вегетативной массы, однако задерживали созревание и подсушивание коробочек в конце сезона. В 2025 году количество осадков оказалось сопоставимым – 240,1 мм (146 % нормы), но их распределение по времени было иным. Максимум влаги пришёлся на июнь (118,0 мм), в то время как июль (74,0 мм) и август (48,1 мм) были относительно сухими. Избыточное увлажнение в июне совпало с фазами «ёлочка – бутонизация», что обеспечило активный рост растений и закладку продуктивных побегов. Более сухие условия второй половины лета способствовали ускоренному прохождению фаз цветения – созревание и формированию семян хорошего качества (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Осадки и температура за вегетационный период 2024-2025 гг, (м/п Шагалалы)**

Анализ метеоданных и урожайности по годам показал выраженную положительную корреляцию между суммарными осадками в период вегетации и урожайностью льна масличного ( $r = 0.93$ ). Это подтверждает высокую зависимость культуры от влагообеспечения в критические фазы развития (цветение, плодообразование), когда идет интенсивный рост и дифференциация генеративных органов. Повышенные температуры в сочетании с достаточной влажностью положительно влияли на культуру, обеспечивая более высокую урожайность. Гидротермический коэффициент (ГТК) позволяет полнее оценить реакцию льна масличного на контрастные погодные условия. ГТК вегетационного периода 2024-2025 годов превышал средние многолетние данные, и характеризовался благоприятными условиями для роста и развития культуры. Однако избыток влаги в июле и августе в 2024 году ( $ГТК > 1,5$ ) затруднял дыхание корней, провоцируя болезни и способствовал замедлению периода налива семян и снижению масличности в августе. Когда как 2025 г. характеризовался удовлетворительной обеспеченностью влагой на протяжении практически всего периода роста и развития льна, и способствовал более стабильным показателям элементов продуктивности (рисунок 2).

Продолжительность периода «посев – всходы» варьировала в пределах 5-8 суток и в наибольшей степени зависела от срока посева.



**Рисунок 2 – Гидротермический коэффициент периода вегетации 2024-2025 гг.**

При раннем посеве (первая декада мая) данный межфазный период был несколько удлинён по сравнению с поздним посевом (третья декада мая), что обусловлено более низкими среднесуточными температурами почвы и воздуха в начале мая. Вместе с тем различия между вариантами удобрений в рамках одного срока посева носили несущественный характер, что указывает на доминирующее влияние термического фактора на начальные этапы онтогенеза льна масличного. Аналогичные закономерности отмечены и в исследованиях других авторов, подчёркивающих зависимость скорости прорастания льна от тепловых ресурсов почвы при достаточном уровне влагообеспечения.

Фаза «всходы – ёлочка» характеризовалась большей вариабельностью и демонстрировала чёткую реакцию на уровень минерального питания. На удобренных вариантах (NPKS и NPKS+urea) продолжительность данного периода сокращалась в среднем на 2–4 суток по сравнению с контролем, что связано с активизацией метаболических процессов и ускоренным формированием ассимиляционного аппарата растений. Особенно выраженный эффект наблюдался при внесении комплексных удобрений на фоне P<sub>90</sub>, что свидетельствует о важной роли фосфора в энергетическом обеспечении начальных этапов роста и развития. Фосфор, участвуя в синтезе АТФ и нуклеиновых кислот, способствует ускорению клеточного деления и дифференциации тканей, что отражается на сокращении ранних межфазных периодов. Период «ёлочка – бутонизация» в среднем составлял 14–17 суток и оказался относительно стабильным по сравнению с ранними фазами. Тем не менее прослеживалась тенденция к его незначительному сокращению на вариантах с применением минеральных удобрений, особенно при раннем сроке посева. Это указывает на более интенсивное накопление вегетативной массы и ускоренный переход растений к генеративному развитию при оптимальном уровне минерального питания. В условиях Северного Казахстана данная особенность имеет важное значение, поскольку позволяет растениям раньше вступать в фазу бутонизации и цветения, снижая риск воздействия высоких температур и дефицита влаги во второй половине лета. Фаза «цветение – плодообразование» варьировала от 12 до 15 суток и в меньшей степени зависела от срока посева, чем от условий питания. На удобренных вариантах отмечалось умеренное сокращение данного периода, что можно объяснить более высокой синхронностью цветения и лучшей обеспеченностью растений элементами питания в критический период формирования генеративных органов. Ускоренное прохождение этой фазы, как правило, не носило стрессового характера и не сопровождалось снижением потенциальной продуктивности, напротив, оно способствовало более равномерной закладке коробочек.

Наибольшая продолжительность была характерна для фазы созревания, которая составляла 29–33 суток и оказывала определяющее влияние на общую длину вегетационного периода. На вариантах с внесением удобрений, особенно NPKS и NPKS+urea, период созревания, как правило, удлинялся на 2–4 суток по сравнению с контролем. Это связано с

более интенсивным наливом семян и замедлением процессов физиологического старения растений при оптимальном минеральном питании. Данный эффект следует рассматривать как положительный, поскольку более продолжительный период налива способствует формированию семян с большей массой и лучшими качественными показателями.

Суммарная продолжительность вегетационного периода льна масличного варьировала от 78 до 85 суток. Наибольшая длина вегетации отмечалась при раннем сроке посева на фоне P<sub>0</sub> и P<sub>90</sub> без применения комплексных удобрений, тогда как минимальные значения фиксировались при позднем посеве и использовании NPKS. В целом применение минеральных удобрений приводило к умеренному сокращению вегетационного периода (на 1–4 суток), что объясняется ускорением прохождения ранних фаз развития при одновременном сохранении или незначительном удлинении периода налива семян. Подобная перестройка структуры вегетационного периода является физиологически благоприятной, поскольку позволяет растениям эффективнее использовать весенние запасы влаги и избежать воздействия неблагоприятных факторов конца лета (таблица 1).

**Таблица 1 – Продолжительность межфазных периодов у льна масличного в зависимости от вида удобрений и сроков посева, среднее 2024-2025 гг.**

Вариант			Продолжительность периодов, дн					Длина вегетационного периода, дн.
фон	срок посева	Вид удобрения	посев - всходы	всходы – елочка	елочка–бутионизация	цветение-плодообразование	созревание	
P <sub>0</sub>	7.05	контроль	7	24	17	15	29	85
		NPKS	8	21	16	13	30	80
		NPKS+urea	8	22	16	14	32	84
	23.05	контроль	7	22	15	13	31	81
		NPKS	6	20	14	12	33	79
		NPKS+urea	6	21	14	12	33	80
P <sub>90</sub>	7.05	контроль	7	23	17	14	29	83
		NPKS	6	21	16	13	33	83
		NPKS+urea	6	22	16	13	33	84
	23.05	контроль	6	20	15	12	31	78
		NPKS	5	19	14	12	33	78
		NPKS+urea	5	20	14	12	33	79

Таким образом, результаты, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что оптимальное сочетание раннего срока посева и сбалансированного минерального питания обеспечивает наиболее благоприятную структуру вегетационного периода льна масличного. Ускоренное прохождение ранних фаз развития при одновременном сохранении достаточной продолжительности генеративных этапов создаёт предпосылки для формирования высокой и стабильной урожайности культуры в условиях Северного Казахстана. Полученные закономерности согласуются с современными представлениями о роли агротехнических факторов в управлении онтогенезом льна масличного и подтверждают необходимость дифференцированного подхода к выбору сроков посева и системы удобрений.

Анализ элементов структуры урожая льна масличного сорта Кустанайский янтарь (таблица 2) показал, что формирование продуктивности культуры в условиях Северного Казахстана определяется сложным взаимодействием сроков посева и уровня минерального питания, при этом решающую роль играют генеративные показатели — число коробочек и семян на растении, а также масса 1000 семян. Полученные результаты свидетельствуют о том, что агротехнические приёмы в большей степени влияют не на отдельные морфологические признаки, а на перераспределение ассимилятов между компонентами урожая.

**Таблица 2 – Элементы структуры урожая льна масличного Кустанайский январь, среднее 2024-2025 гг**

фон	Вариант		Высота растений, см	Число коробочек на растении, шт	Число семян с растения, шт	Масса семян с раст, г	Масса 1000 семян, г	Урожайность, ц/га
	срок посева	удобрения						
Р <sub>90</sub>	7.05	контроль	32,6	20,1	83	0,49	5,2	11
		NPKS	40,2	22,3	96	0,63	5,9	13,2
		NPKS+urea	42,1	25,3	103	0,59	5,7	12,6
	23.05	контроль	34,2	19,6	89	0,51	5,2	10,5
		NPKS	37,1	21,6	83	0,74	5,2	10,4
		NPKS+urea	38,3	20,3	91	0,69	5,4	12,5
Р <sub>0</sub>	7.05	контроль	34,4	18,3	83	0,49	5,3	10,7
		NPKS	37,5	24,1	89	0,53	5,5	12,7
		NPKS+urea	38,3	23,6	93	0,62	5,6	11,2
	23.05	контроль	35,7	16,6	75	0,35	5,2	9,1
		NPKS	35,9	20,3	71	0,47	5,3	10,7
		NPKS+urea	36,3	20,1	88	0,56	5,3	10,5

Высота растений варьировала в пределах 32,6–42,1 см и демонстрировала чёткую зависимость от условий минерального питания. Максимальные значения данного показателя были зафиксированы на удобренных вариантах, особенно при применении NPKS и NPKS+urea на фоне Р<sub>90</sub> и раннем сроке посева. Повышение высоты растений в этих вариантах обусловлено усилением вегетативного роста за счёт улучшенного азотного и фосфорного питания, способствующего активному делению и растяжению клеток стебля. Однако увеличение высоты само по себе не всегда сопровождалось пропорциональным ростом урожайности, что указывает на вторичную роль данного признака в формировании семенной продуктивности льна масличного.

Ключевым элементом структуры урожая оказалось число коробочек на одном растении, которое изменялось от 16,6 до 25,3 шт. Наиболее высокие значения данного показателя отмечены при раннем сроке посева в сочетании с внесением комплексных удобрений, особенно NPKS и NPKS+urea на фоне Р<sub>90</sub>. Это свидетельствует о том, что оптимальное фосфорное питание в сочетании с достаточным азотным обеспечением в ранние фазы органогенеза способствует закладке большего числа генеративных органов. Ранний посев, в свою очередь, обеспечивал более продолжительный период вегетативного роста и лучшее использование весенней влаги, что создавало благоприятные условия для формирования продуктивных побегов и увеличения потенциального числа коробочек. Полученные данные согласуются с результатами исследований В.Н. Гореева, Е.В. Корепанова, К.В. Кошкина, подтверждающих, что ранний посев обеспечивает лучшее использование весенней влаги [14], а применение аммофоса способствует развитию корневой системы и повышению энергетического потенциала семян [15].

Масса 1000 семян варьировала в относительно узких пределах (5,2–5,9 г), однако даже эти различия оказывали заметное влияние на итоговую урожайность. Наибольшие значения данного показателя были характерны для вариантов с ранним сроком посева и применением NPKS, что связано с более продолжительным и равномерным наливом семян. Фосфорное питание в сочетании с оптимальным азотным фоном способствует активному транспорту ассимилятов в семена и замедлению процессов их физиологического старения, что отражается на увеличении массы 1000 семян. В вариантах с поздним посевом и отсутствием удобрений данный показатель был минимальным, что указывает на ограниченность ресурсов для формирования семян в условиях сокращённого вегетационного периода.

Урожайность льна масличного изменялась от 9,1 до 13,2 ц/га и чётко отражала суммарный эффект изменения элементов структуры урожая. Максимальная урожайность была получена при раннем сроке посева и применении NPKS на фоне P<sub>90</sub>, что подтверждает решающую роль сбалансированного минерального питания и оптимального использования весенних агрометеорологических ресурсов. Поздний срок посева, независимо от фона питания, приводил к снижению урожайности, что связано с сокращением вегетационного периода и ограничением потенциала формирования генеративных органов.

Корреляционный анализ подтвердил, что урожайность наиболее тесно связана с числом семян на растении и массой 1000 семян, тогда как высота растений оказывает косвенное и менее выраженное влияние. Выявлены сильные положительные корреляции между урожайностью и числом семян с растения ( $r \approx 0,90$ ), урожайностью и массой 1000 зерен ( $r \approx 0,76$ ), а также количеством коробочек и числом семян с растения ( $r \approx 0,79$ ). Полученные взаимосвязи свидетельствуют о значимости этих признаков в формировании урожая (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Тепловая карта коэффициентов корреляции между основными показателями продуктивности и урожайностью**

Таким образом, формирование высокой урожайности льна масличного обеспечивается не отдельными морфологическими признаками, а сбалансированной структурой урожая, в которой ключевую роль играют число семян на растении и их масса. Оптимальное сочетание раннего срока посева и применения комплексных минеральных удобрений, особенно на фоне фосфорного питания P<sub>90</sub>, создаёт физиологически благоприятные условия для реализации продукционного потенциала культуры. Полученные закономерности соответствуют современным концепциям управления продуктивностью масличных культур и подтверждают перспективность дифференцированного подхода к системе питания и срокам сева льна масличного в условиях степной зоны Северного Казахстана.

**Заключение.** Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) подтвердили статистически значимое влияние внесения минеральных удобрений на урожайность льна масличного ( $p\text{-value} = 0.042$ ,  $p < 0.05$ ), что указывает на достоверное повышение продуктивности при использовании удобрений NPKS и NPKS+urea по сравнению с контролем. Благоприятные агрометеорологические условия 2025 года, характеризующиеся повышенным количеством осадков и оптимальными температурами в период вегетации, способствовали активному росту растений и формированию более высокой урожайности относительно 2024 года.

Максимальные показатели урожайности были получены при сочетании фона фосфорного питания P<sub>90</sub> и внесении NPKS, особенно при раннем сроке посева (первая декада мая). Поздний срок сева (третья декада мая) приводил к снижению урожайности вследствие сокращения вегетационного периода и уменьшения массы семян. В целом установлено, что оптимизация сроков посева и системы минерального питания является ключевым фактором

повышения продуктивности льна масличного в условиях Северного Казахстана, обеспечивая прирост урожайности на 15-25 %.

### Литературы:

[1] **Saleem, M.H.**, Fahad S., Khan S.U., Din M., Ullah A., Sabagh A.E. Copper-induced oxidative stress, initiation of antioxidants and phytoremediation potential of flax (*Linum usitatissimum* L.) seedlings grown under the mixing of two different soils of China // *Environmental Science and Pollution Research*, 2020. – Т.27. – С.5211-5221. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07264-7>

[2] **Zhao, B.Q.**, Gao Y.H., Yan B., Cui Z.J., Wang H.D., Cao Z. Varied previous crops on improving oilseed flax productivity in semiarid Loess Plateau in China, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.017>

[3] **Елисеев, С.Л.**, Ренёв Е.А., Бинияз М.Ф. Влияние срока посева и нормы высева на урожайность льна масличного в Среднем Предуралье // *Пермский аграрный вестник*, 2021. – №2(34). – С.23-30.

[4] **Виноградов, Д.В.**, Мажайский Ю.А., Новикова А.В., Лупова Е.И. Продуктивность сортов льна масличного в зависимости от сроков посева в Нечерноземной зоне России // *Российская сельскохозяйственная наука*, 2021. – №1. – С.17-20. DOI: <https://doi.org/10.31857/S250026272101004X>

[5] **Ильин, А.В.**, Горбунова Е.В., Николашина О.Е. Продуктивность льна масличного в зависимости от срока сева в предгорной зоне Крыма // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*, 2022. – №30(193). – С.98-106.

[6] **Новикова, А.В.**, Виноградов Д.В., Лупова Е.И. Качество семян льна и выход льняного масла в зависимости от сроков посева // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, 2021. – №2(167). – С.181-186.

[7] **Айтхожин, С.К.**, Гордеева Е.А., Шестакова Н.А., Швидченко В.К. Продуктивность льна масличного (*Linum usitatissimum*) сорта «Кустанайский янтарь» в условиях сухой степи Северного Казахстана в зависимости от элементов агротехники // *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University: Multidisciplinary*, 2023. – №3(118). – С.348-363. DOI: [https://doi.org/10.51452/kazatu.2023.3\(118\).1527](https://doi.org/10.51452/kazatu.2023.3(118).1527)

[8] **Тимохин, А.Ю.**, Бойко В.С., Михайлов В.В. Отзывчивость льна масличного на различный уровень минерального питания в лесостепи Западной Сибири // *Аграрная наука*, 2024. – Т.1. – №8. – С.168-172.

[9] **Аветисян, Д.Р.**, Каменев Р.А. Влияние способов и сроков применения минеральных удобрений на урожайность льна масличного на черноземе обыкновенном в условиях Ростовской области // *Вестник аграрной науки*, 2024. – №1(106). – С.57-63.

[10] **Подлипная, А.А.**, Виноградов Д.В., Березнов А.В. Продуктивность льна масличного на фоне расчетных доз минерального питания и применения агрохимиката в условиях Московской области // *Плодородие*, 2024. – №1(136). – С.20-22. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.136.05>

[11] **Доспехов, Б.А.** Методика опытного дела. – М.: Агропромиздат, 1985. – 412 с.

[12] **Лукомец, В.М.**, Тишков Н.М., Трунова М.В., Семеренко С.А., Махонин В.Л. Методика проведения агротехнических исследований в опытах с масличными культурами (Сообщение 1. Исследования в опытах с соей) // *Масличные культуры*, 2023. – №1(193). – С.33-52.

[13] Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. – М.: Б.и., 2019. – 329 с.

[14] **Гореева, В.Н.**, Корепанова Е.В., Кошкина К.В. Влияние сроков посева на продуктивность льна масличного ВНИИМК 620 в условиях Среднего Предуралья // *Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: материалы Всерос. науч.-практ. конф.* – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – С. 14-18.

[15] **Латарцев, П.Ю.** Сравнительная оценка действия разных видов и доз минеральных удобрений на элементы структуры, урожайность и качество семян льна масличного // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2022. – № 9 (215). – С. 5-11. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-215-9-5-11>

## References:

- [1] **Saleem, M.H.**, Fahad S., Khan S.U., Din M., Ullah A., Sabagh A.E. Copper-induced oxidative stress, initiation of antioxidants and phytoremediation potential of flax (*Linum usitatissimum* L.) seedlings grown under the mixing of two different soils of China // *Environmental Science and Pollution Research*, 2020. – T.27. – S.5211-5221. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07264-7>
- [2] **Zhao, B.Q.**, Gao Y.H., Yan B., Cui Z.J., Wang H.D., Cao Z. Varied previous crops on improving oilseed flax productivity in semiarid Loess Plateau in China, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.017>
- [3] **Eliseev, S.L.**, Renjov E.A., Binijaz M.F. Vlijanie sroka poseva i normy vyseva na urozhajnost' l'na maslichnogo v Srednem Predural'e // *Permskij agrarnyj vestnik*, 2021. – №2(34). – S.23-30. [in Russian]
- [4] **Vinogradov, D.V.**, Mazhajskij Ju.A., Novikova A.V., Lupova E.I. Produktivnost' sortov l'na maslichnogo v zavisimosti ot srokov poseva v Nechernozemnoj zone Rossii // *Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka*, 2021. – №1. – S.17-20. DOI: <https://doi.org/10.31857/S250026272101004X> [in Russian]
- [5] **Il'in, A.V.**, Gorbunova E.V., Nikolashina O.E. Produktivnost' l'na maslichnogo v zavisimosti ot sroka seva v predgornoj zone Kryma // *Izvestija sel'skohozjajstvennoj nauki Tavridy*, 2022. – №30(193). – S.98-106. [in Russian]
- [6] **Novikova, A.V.**, Vinogradov D.V., Lupova E.I. Kachestvo semjan l'na i vyhod l'njanogo masla v zavisimosti ot srokov poseva // *Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021. – №2(167). – S.181-186. [in Russian]
- [7] **Ajthozhin, S.K.**, Gordeeva E.A., Shestakova N.A., Shvidchenko V.K. Produktivnost' l'na maslichnogo (*Linum usitatissimum*) sorta «Kustanajskij jantar» v uslovijah suhoj stepi Severnogo Kazahstana v zavisimosti ot jelementov agrotehniki // *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University: Multidisciplinary*, 2023. – №3(118). – S.348-363. DOI: [https://doi.org/10.51452/kazatu.2023.3\(118\).1527](https://doi.org/10.51452/kazatu.2023.3(118).1527) [in Russian]
- [8] **Timohin, A.Ju.**, Bojko V.S., Mihajlov V.V. Otzyvchivost' l'na maslichnogo na razlichnyj uroven' mineral'nogo pitaniya v lesostepi Zapadnoj Sibiri // *Agrarnaja nauka*, 2024. – T.1. – №8. – S.168-172. [in Russian]
- [9] **Avetisjan, D.R.**, Kamenev R.A. Vlijanie sposobov i srokov primeneniya mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' l'na maslichnogo na chernozeme obyknovennom v uslovijah Rostovskoj oblasti // *Vestnik agrarnoj nauki*, 2024. – №1(106). – S.57-63. [in Russian]
- [10] **Podlipnaja, A.A.**, Vinogradov D.V., Bereznov A.V. Produktivnost' l'na maslichnogo na fone raschetnyh doz mineral'nogo pitaniya i primeneniya agrohimikey v uslovijah Moskovskoj oblasti // *Plodorodie*, 2024. – №1(136). – S.20-22. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.136.05> [in Russian]
- [11] **Dospheov, B.A.** Metodika opytnogo dela. – M.: Agropromizdat, 1986. – 412 s. [in Russian]
- [12] **Lukomec, V.M.**, Tishkov N.M., Trunova M.V., Semerenko S.A., Mahonin V.L. Metodika provedeniya agrotehnicheskikh issledovanij v opytah s maslichnymi kul'turami (Soobshhenie 1. Issledovaniya v opytah s soej) // *Maslichnye kul'tury*, 2023. – №1(193). – S.33-52. [in Russian]
- [13] Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Vyp. 1. Obshhaja chast'. – M.: B.i., 2019. – 329 s. [in Russian]
- [14] **Goreeva, V.N.**, Korepanova E.V., Koshkina K.V. Vlijanie srokov poseva na produktivnost' l'na maslichnogo VNIIMK 620 v uslovijah Srednego Predural'ja // *Agrarnaja nauka – innovacionnomu razvitiyu APK v sovremennyh uslovijah: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaja GSHA, 2013. – S. 14-18. [in Russian]
- [15] **Latarcev, P.Ju.** Sravnitel'naja ocenka dejstvija raznyh vidov i doz mineral'nyh udobrenij na jelementy struktury, urozhajnost' i kachestvo semjan l'na maslichnogo // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022. – № 9 (215). – S. 5-11. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-215-9-5-11> [in Russian]

## СОЛТУСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ДАЛА АЙМАҒЫ ЖАҒДАЙЫНДА СЕБУ МЕРЗІМДЕРІНЕ ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫ ҚОРЕКТЕНУГЕ БАЙЛАНЫСТЫ МАЙЛЫ ЗЫҒЫР ӨНІМДІЛІГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ҚАЛЫПТАСУ ДИНАМИКАСЫ

Тезекбаева А.Е.<sup>1\*</sup>, 8D08102 «Органикалық егіншілік» БББ-ның 3-курс докторанты

**Шестакова Н.А.**<sup>1</sup>, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты  
**Хакл Й.**<sup>2</sup>, PhD, профессор  
**Соловьев О.Ю.**<sup>3</sup>, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі

<sup>1</sup>*С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан*

<sup>2</sup>*Чех жаратылыстану ғылымдары университеті, Прага қ., Чех Республикасы*

<sup>3</sup>*«Солтүстік Қазақстан ауылшаруашылық тәжірибе станция» ЖШС, Шағалалы а., Қазақстан*

**Аңдатпа.** Мақалада майлы зығырдың (*Linum usitatissimum* L.) өнімділік элементтерінің қалыптасу динамикасына себу мерзімдері мен минералдық қоректенудің әсерін зерттеуге бағытталған зерттеу нәтижелері және Солтүстік Қазақстан аймағына арналған оңтайлы агротехникалық шешімдерді әзірлеу мәселелері ұсынылған. Далалық зерттеулер 2024–2025 жылдары Солтүстік Қазақстан ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясының тәжірибелік алқаптарында жүргізілді.

Тәжірибе сызбасы себу мерзімдерінің екі нұсқасын (мамыр айының бірінші және үшінші онкүндігі), екі қоректік фонды (тыңайтылмаған – P<sub>0</sub> және тыңайтылған – P<sub>90</sub>) және минералдық қоректенудің үш деңгейін (тыңайтқышсыз, NPKS және NPKS + карбамид) қамтыды. Зерттеу барысында өсімдіктердің биометриялық көрсеткіштері, бір өсімдіктегі қауашақ саны, бір өсімдіктен алынған тұқым массасы, бір қауашақтағы тұқым саны, 1000 тұқымның массасы және өнімділік анықталды.

Зерттеу нәтижелері Солтүстік Қазақстанның дала аймағы жағдайында себу мерзімдері мен минералдық қоректенудің майлы зығырдың өнімділік элементтерінің қалыптасуына елеулі әсер ететінін көрсетті. Корреляциялық талдау өнімділік пен бір өсімдіктегі тұқым саны ( $r \approx 0,90$ ), өнімділік пен 1000 тұқым массасы ( $r \approx 0,76$ ), сондай-ақ қауашақ саны мен бір өсімдіктегі тұқым саны ( $r \approx 0,79$ ) арасында күшті оң өзара байланыстардың бар екенін анықтады. Алынған тәуелділіктер аталған белгілердің өнімділікті қалыптастырудағы маңыздылығын дәлелдейді.

**Тірек сөздер:** майлы зығыр; себу мерзімдері; тыңайтқыштар; өнімділік элементтері; өнімділік.

## DYNAMICS OF FORMATION OF PRODUCTIVITY ELEMENTS OF OIL FLAX DEPENDING ON SOWING TIME AND MINERAL NUTRITION IN THE STEPPE ZONE OF NORTHERN KAZAKHSTAN

**Tezekbayeva A.E.**<sup>1\*</sup>, 3rd-year PhD student in the program 8D08102 «Organic Agriculture»

**Shestakova N.A.**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences

**Hakl J.**<sup>2</sup>, PhD, Professor

**Solovyev O. Yu.**<sup>3</sup>, Master of Agricultural Sciences

<sup>1</sup>*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech Republic*

<sup>3</sup>*LLP «North Kazakhstan Agricultural Experimental Station», Shagalaly settlement, Kazakhstan*

**Annotation.** This study presents the results of research aimed at assessing the effects of sowing dates and mineral nutrition on the dynamics of yield component formation in oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.) and at developing optimal agronomic practices for the conditions of Northern Kazakhstan. Field experiments were conducted at the experimental plots of the North Kazakhstan Agricultural Experimental Station during the 2024–2025 growing seasons.

The experimental design included two sowing dates (the first and third decades of May), two background levels (unfertilized, P<sub>0</sub>; and fertilized, P<sub>90</sub>), and three mineral nutrition treatments (no fertilizers, NPKS, and NPKS + urea). The following parameters were evaluated: plant biometric traits, number of capsules per plant, seed weight per plant, number of seeds per capsule, thousand-seed weight, and seed yield.

The results demonstrated that sowing dates and mineral nutrition had a significant effect on the formation of yield components of oilseed flax under the steppe conditions of Northern Kazakhstan. Correlation analysis revealed strong positive relationships between yield and the number of seeds per plant ( $r \approx 0.90$ ), yield and thousand-seed weight ( $r \approx 0.76$ ), as well as between the number of capsules per plant and the number of seeds per plant ( $r \approx 0.79$ ). These relationships indicate the key role of these traits in determining seed yield.

**Keywords:** oilseed flax; sowing dates; fertilizers; yield components; seed yield.