

УДК 631.816.32:633.521

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ ПОД ЛЕН-ДОЛГУНЕЦ¹

© 2020 г. Н. Н. Кузьменко

*Институт льна – филиал Федерального научного центра лубяных культур
172002 Торжок, Тверская обл., ул. Луначарского, 35, Россия*

E-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru

Поступила в редакцию 26.11.2019 г.

После доработки 21.12.2019 г.

Принята к публикации 10.03.2020 г.

Определены оптимальные параметры размещения в почве комплексного удобрения состава N5P25K30B0.3 при припосевном ленточном внесении под лен-долгунец. Локальное внесение комплексного удобрения в дозе 200 кг/га в междурядья через 15 см на глубину 7 см от поверхности почвы в сравнении с разбросным внесением под культивацию повысило активность корневой системы, коэффициент использования фосфора из удобрения – на 2.6, калия – на 8.7%, урожайность льноволокна – на 1.9 ц/га. Окупаемость удобрения увеличилась на 1.57 кг/кг, биоэнергетическая эффективность – на 0.9 ед. Благодаря совмещению операции посева льна с внесением удобрения затраты труда снизились на 0.64 чел.-ч/га, расход ГСМ – на 2.2 кг/га.

Ключевые слова: лен-долгунец, комплексное удобрение, локальное внесение удобрения, ширина междурядья, глубина заделки.

DOI: 10.31857/S000218812006006X

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях при высоких ценах на удобрения особое значение имеет поиск оптимальных способов их применения, позволяющих получить максимальный эффект, рационально использовать потенциал растений и имеющиеся ресурсы. Традиционная технология применения минеральных удобрений под лен-долгунец, предусматривающая внесение полной дозы удобрений до посева, с последующей заделкой почвообрабатывающими орудиями является высокопроизводительной, но имеет ряд недостатков. В первую очередь большая неравномерность (до 60–80%) распределения удобрений по поверхности и глубине обрабатываемого слоя почвы, что, как правило, приводит к неравномерному стеблестоя льна и снижению урожайности и качества продукции [1, 2].

Наиболее перспективным способом использования удобрений является локальное их внесение, при котором сокращается контакт удобрений с почвой, питательные вещества внутри ленты остаются в легкодоступной форме, коэффициенты использования питательных веществ на 10–15%

больше, чем при разбросном способе внесения. В связи с этим оптимальные дозы удобрений при локальном внесении на 30–50% меньше, чем рекомендуемые для разбросного внесения, что особенно актуально в условиях высоких цен на минеральные удобрения [2, 3].

При выборе способов внесения удобрений под лен-долгунец необходимо учитывать ряд специфических особенностей этой культуры. Культура мелкосемянная, глубина заделки семян составляет 1.5–3.0 см, как правило, возделывается узкорядным способом с шириной междурядья 7.5 см. При повышенной концентрации удобрений в почве дружность прорастания и полевая всхожесть семян льна снижаются в большей степени, чем, например, зерновых культур. В питательной среде льну необходимо более широкое соотношение между азотом, с одной стороны, и фосфором, калием, с другой. Получение высококачественного льноволокна во многом зависит от обеспеченности растений такими микроэлементами, как бор, цинк, медь. Все это свидетельствует о том, что льну-долгунцу необходимы специальные удобрения, соответствующие его биологическим особенностям [1, 4–6].

¹ Работа выполнена по Госзаданию № 075-00853-19-00 и финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

Цель работы – определение параметров размещения в почве комплексного удобрения состава N5P25K30B0.3 при локальном ленточном внесении под лен-долгунец и эффективности этого приема по сравнению с разбросным способом внесения.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Эффективность припосевного ленточного внесения комплексного удобрения сравнивали с разбросным способом его внесения под ранневесеннюю культивацию. Исследование проводили в Центральном районе Нечерноземной зоны (Тверская обл.) в полевых опытах на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Реакция почвенной среды была от слабокислой до нейтральной (pH_{KCl} 4.4–5.4), содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – высокое и очень высокое (216–350 мг/кг), калия – среднее и повышенное (94–136 мг/кг). Содержание подвижного бора по Никишкиной – от низкого до среднего (0.23–0.66 мг/кг), содержание подвижного цинка – низкое (0.20–1.24 мг/кг). Содержание гумуса (по Тюрину) менялось от 1.92 до 2.26%.

Параметры размещения удобрения в почве изучали в мелкоделяночных полевых опытах. Удобрение вносили непосредственно под семенные рядки и в междурядья с расстоянием между лентами 7.5 и 15 см (в каждое посевное междурядье и в каждое 2-е междурядье) на глубину 5 и 7 см от поверхности почвы в дозах 100 и 200 кг/га. Внесение удобрений и посев льна-долгунца сорта Торжокский-4 проводили вручную при помощи специальных маркеров. Площадь опытной деланки составляла 1 м², повторность опытов шестикратная.

В техническом плане наиболее простым способом является расположение лент удобрений через 15 см, что возможно осуществить переоборудованной сеялкой СЗ–3,6А–0,2, оснащенной комбинированными сошниками. Поэтому одновременно с поиском оптимальных параметров изучали эффективность комплексного удобрения при его размещении в междурядья с расстоянием между лентами 15 см на глубину 5 и 7 см от поверхности почвы в дозах 100 и 200 кг/га. Площадь опытной деланки составляла 25 м², повторность опытов четырехкратная.

Учеты и наблюдения в опытах проводили в соответствии с методикой [7]. Обработку почвы под лен-долгунец проводили согласно рекомендованной для данной зоны технологии возделывания. Предшественниками льна были яровые зерновые (овес и ячмень). Учет урожая проводили в

фазе ранней желтой спелости. Урожайные данные приведены к стандартным показателям по чистоте и засоренности и обработаны методом дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Условия влагообеспеченности льна больше всего определяют осадки мая–июля. Погоду в период вегетации растений хорошо отражает гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК). Если ГТК < 1.0, то погодные условия считаются засушливыми, если ГТК = 1.3–1.6, то погода в отношении влаги и тепла благоприятна для льна-долгунца, если ГТК ≥ 2.0, то этот показатель отражает избыток влаги [8].

Погодные условия в течение 3-х учетных лет различались по уровню увлажнения, что позволило наиболее полно выявить эффективность локального внесения комплексного удобрения под лен-долгунец. Один год отличался резким дефицитом влаги на протяжении всего периода вегетации (ГТК мая–августа = 0.89). Во 2-й год резкий дефицит влаги отмечен только в период посев–всходы (ГТК мая = 0.47). Условный баланс влаги в период интенсивного роста льна в июне–июле был близок к оптимальному и оставил 1.70. В среднем за май–август увлажнение было умеренным (ГТК = 1.49). Третий год отличался большим избытком влаги в период посев–всходы (ГТК мая = 3.28), умеренным увлажнением в июне (ГТК = 1.32) и дефицитом влаги в дальнейшем (ГТК июля–августа = 0.85–1.05). В среднем за май–август ГТК составил 1.94.

Поскольку при дозах 100 и 200 кг/га отмечали одинаковые закономерности изменения ростовых процессов льна, данные по влиянию параметров размещения удобрения в почве на сбор льносоломки приведены в среднем для 2-х доз (рис. 1).

Агрономическая эффективность при локальном внесении комплексного удобрения под лен-долгунец различалась по годам и зависела от агрометеорологических условий. Например, при резком дефиците влаги в течение всего периода вегетации (ГТК за май–август = 0.89) расположение лент удобрения относительно посевных рядков (непосредственно под рядки, либо в междурядья через 7.5 или 15 см) значения не имело. С увеличением глубины заделки с 5 до 7 см отмечена тенденция к увеличению продуктивности растений.

При нормальном увлажнении (ГТК за май–август = 1.49) больший сбор льносоломки (567 г/м²) получили при расположении лент удобрения в междурядья с расстоянием между лентами 7.5 см.

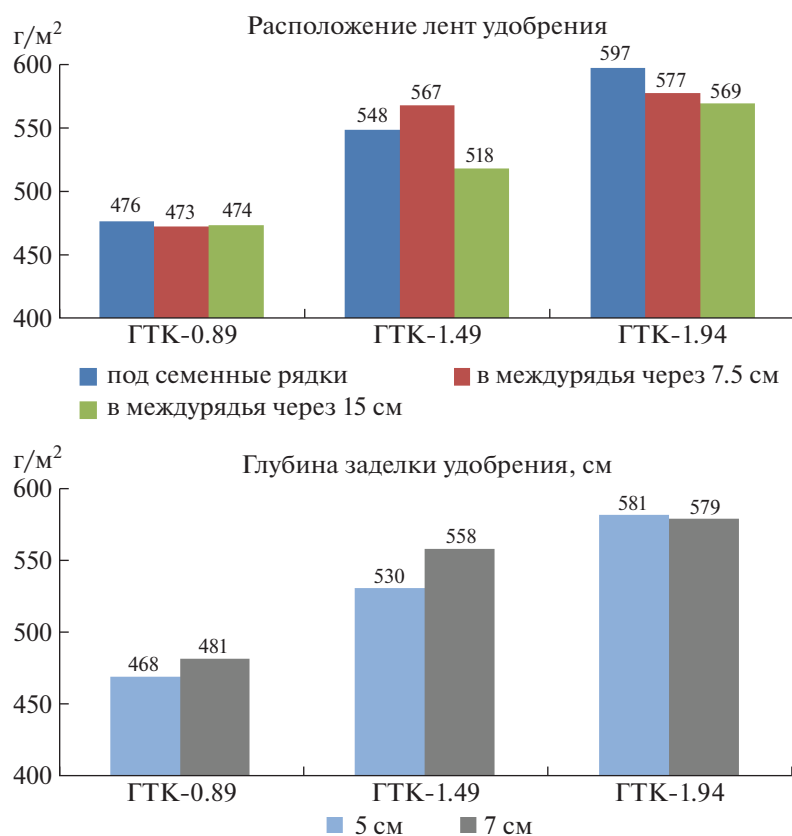


Рис. 1. Влияние параметров размещения в почве комплексного удобрения на сбор льносолумы, $\text{г}/\text{м}^2$ (среднее для доз 100 и 200 $\text{кг}/\text{га}$ HCP_{05} 1-й год – $F_{\text{факт}} > F_{\text{табл}}$, HCP_{05} 2-й год – 22, HCP_{05} 3-й год – 20 $\text{г}/\text{м}^2$).

При внесении под семенные рядки он снижался на $19 \text{ г}/\text{м}^2$ (на 3.4%), при внесении в междурядья через 15 см достоверное снижение составило $49 \text{ г}/\text{м}^2$ (8.6%). В этих условиях преимущество имела также более глубокая заделка удобрения в почве – прибавка составила $28 \text{ г}/\text{м}^2$ (5.3%).

При избыточном увлажнении в первой половине вегетации (ГТК мая–июня = 2.30) большую продуктивность ($597 \text{ г}/\text{м}^2$) обеспечило размещение удобрений под семенными рядками. При внесении удобрения в междурядья через 7.5 и 15 см отмечено ее достоверное снижение на 20 и $31 \text{ г}/\text{м}^2$ (3.3 и 4.5%) в сравнении с внесением удобрения под семенные рядки. Увеличение глубины заделки удобрения не оказало влияния на сбор льносолумы.

При разбросном внесении сбор льносолумы в 1-й год составил 451, во 2-й год – 526 и в 3-й год – 556, в среднем – $511 \text{ г}/\text{м}^2$. В среднем за 3 года при расположении лент удобрения под семенными рядками сбор льносолумы в сравнении разбросным внесением увеличился на $28.5 \text{ г}/\text{м}^2$ (на 5.7%), при внесении в междурядья через 7.5 см – на $27.5 \text{ г}/\text{м}^2$

(на 5.5%), через 15 см – на $9.5 \text{ г}/\text{м}^2$ (на 2.0%). С увеличением глубины заделки удобрения сбор соломы повысился на $13.0 \text{ г}/\text{м}^2$ (на 2.5%).

Качество льносолумы зависело в большей степени от погодных условий, сложившихся в период формирования волокна, чем от способа внесения удобрения. При резком дефиците влаги получили льносолому с самыми низкими показателями: горстевая длина – 61–67 см, прочность – 24–26 кгс, содержание луба – 28–30%, номер – 1.10–1.25. Способы внесения в этих условиях не оказывали влияния. В более благоприятные годы для произрастания льна-долгунца локальное внесение удобрений увеличивало горстевую длину на 3–5 см, содержание луба – на 1–4%, номер льносолумы – на 0.25–0.50 ед. Закономерного изменения этих показателей в зависимости от горизонтального и вертикального размещения удобрения в почве не отмечено.

Четкой закономерности по изменению семенной продуктивности льна-долгунца в зависимости от горизонтального размещения удобрения в почве не прослежено, но отмечена тенденция к увеличению данного показателя при более глубо-

Таблица 1. Влияние способа внесения удобрения на массу, активность и распределение корневой системы льна-долгунца в период быстрого роста—бутонизации

Показатель	Без удобрения	Доза 200 кг/га, вразброс под культивацию	Доза 200 кг/га, в междурядья через 15 см на глубину 5 см	Доза 200 кг/га, в междурядья через 15 см на глубину 7 см
ГТК май—август = 0.87				
Воздушно-сухая масса корней, г/100 растений	3.32	3.56	4.57	3.85
Сосущая сила корней, атм.	1.35	2.55	2.90	3.40
Коэффициент продуктивности корней, ед.	8.90	8.91	9.00	9.43
ГТК май—август = 1.49				
Воздушно-сухая масса корней, г/100 растений	4.08	4.55	4.52	4.56
Сосущая сила корней, атм.	2.35	3.35	3.60	4.05
Коэффициент продуктивности корней, ед.	5.83	6.26	7.63	9.45
Доля корней в слое почвы, %				
0—10 см	80	80	70	74
11—20 см	20	20	30	26

кой заделке удобрения — на 7 см от поверхности почвы.

При резком дефиците влаги (ГТК = 0.89), приводящем к повышению концентрации ионов в очаге удобрения, у растений льна-долгунца увеличивалась масса корневой системы в период быстрого роста—бутонизации при локальном внесении удобрения на 16–38%, при разбросном способе внесения — на 7%. В условиях нормального увлажнения (ГТК = 1.49) способ внесения удобрения не оказывал влияния на массу корней (табл. 1).

Отметив в целом поверхностный характер корневой системы льна (70–84% массы корней располагалось в слое 0–10 см), наблюдали положительное влияние локализации удобрения на развитие корней в нижнем слое пахотного горизонта. При локальном внесении удобрения доля корней в слое 11–20 см составляла 26–30% против 20% при разбросном его внесении. Таким образом, меняя способ внесения удобрений, можно управлять распределением корневой системы в почве, что позволит лучше использовать питательные вещества и запасы почвенной влаги во всем пахотном горизонте.

Для активного поглощения элементов питания имели значение не только мощность корневой системы и ее распределение в слоях пахотного горизонта, но и физиологическая активность корней. Сосущая сила корней при локальном вно-

сении удобрения была больше на 0.25–0.85 атм., коэффициент продуктивности — на 0.09–3.19 ед. в сравнении с разбросным внесением. С увеличением глубины заделки удобрения с 5 до 7 см отмечена тенденция к увеличению активности корневой системы льна.

Коэффициенты использования элементов питания из удобрения (КИУ), рассчитанные разностным методом, были наиболее высокими при локальном внесении удобрения на глубину 7 см от поверхности почвы и составили: фосфора — 6.0–11.0%, калия — 15.3–25.6% (табл. 2).

Внесение комплексного удобрения в междурядья с расстоянием между лентами 15 см на глубину 7 см от поверхности почвы в дозе 100 кг/га повысило урожайность всего льноволокна на 0.5 ц/га, окупаемость удобрения дополнительным урожаем волокна — на 0.2 кг/кг. При внесении дозы 200 кг/га эффективность была больше: прибавка урожайности составила 1.9 ц/га, окупаемость удобрения повысилась на 1.57 кг/кг в сравнении с разбросным внесением под культивацию. Качество трепаного волокна практически не зависело от способа внесения удобрения.

Использование удобрения в дозе 100 кг/га при локальном внесении было более эффективным, чем разбросное внесение вдвое большей дозы (200 кг/га) и обеспечило повышение коэффициента использования фосфора на 7.6%, калия — на 19.0%, урожайности всего волокна — на 0.6 ц/га.

Таблица 2. Сравнительная эффективность разбросного и локального внесения удобрения под лен-долгунец, среднее за 3 года

Вариант	КИУ, %		Урожайность, ц/га		Номер трепаного волокна	Оплата 1 кг д.в. удобрения дополнительным урожаем волокна, кг
	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего волокна	трепаного		
Без удобрения	—	—	8.6	5.0	10.0	—
100 кг/га, вразброс	7.8	14.2	9.3	5.4	10.0	1.79
100 кг/га, в междурядья через 15 см на глубину 5 см	6.0	13.0	9.3	5.3	9.9	1.79
100 кг/га, в междурядья через 15 см на глубину 7 см	11.0	25.6	9.8	5.4	10.3	1.99
200 кг/га, вразброс	3.4	6.6	9.2	5.2	10.2	0.50
200 кг/га, в междурядья через 15 см на глубину 5 см	3.5	6.1	9.6	5.4	10.2	0.83
200 кг/га, в междурядья через 15 см на глубину 7 см	6.0	15.3	11.1	6.2	10.0	2.07
<i>HCP</i> ₀₅			0.3	0.2		

В производственных условиях при использовании модернизированной льняной сеялки СЗ–3,6А–0,2 внесение удобрения в междурядья с расстоянием между лентами 15 см на глубину 7 см от поверхности почвы в дозе 200 кг/га увеличило урожайность льносоломой на 0.7 ц/га без изменения его качества. Благодаря совмещению операции посева с внесением удобрения затраты труда снизились на 0.64 чел.-ч/га, ГСМ – на 2.2 кг/га. Биоэнергетическая эффективность увеличилась с 1.7 до 2.6 ед.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, локализация комплексного удобрения при основном внесении под лен-долгунец увеличивала массу и сосущую силу корней, способствовала распределению корневой системы в пахотном горизонте, в результате повышался коэффициент использования фосфора из удобрения на 2.6–3.2, калия – на 8.7–11.4% в сравнении с разбросным способом внесения под культивацию.

При припосевном ленточном внесении комплексного удобрения состава N5P25K30B0.3 наибольшая продуктивность льна-долгунца достигалась при размещении удобрения под семенные рядки и в междурядья с расстоянием между лентами 7.5 см. С увеличением расстояния между лентами до 15 см эффективность локального внесения снижалась, но преимущество перед разбросным внесением сохранялось. Оптимальной

для заделки комплексного удобрения была глубина 7 см от поверхности почвы.

Внесение комплексного удобрения в дозе 200 кг/га в междурядья через 15 см на глубину 7 см от поверхности почвы обеспечивало прибавку урожайности льноволокна в сравнении с разбросным внесением равной дозы под культивацию в размере 1.9 ц/га. Окупаемость удобрения увеличилась на 1.57 кг/кг, биоэнергетическая эффективность – на 0.9 ед. Благодаря совмещению посева льна с внесением удобрения затраты труда снизились на 0.64 чел.-ч/га, расход ГСМ – на 2.2 кг/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективная ресурсосберегающая технология производства льна-долгунца: Метод. рекоменд. М.: Росинформагротех, 2008. 68 с.
2. Прудников А.Д., Рыбченко Т.И., Романова И.Н. Адаптивное льноводство: Монография / Под ред. Кучумова А.В. Смоленск: Универсум, 2016. 216 с.
3. Ладонин В.Ф., Гордеев А.М., Гордеев Ю.А. Физико-химический аспект эффективности локального внесения минеральных удобрений // Агрохимия. 2005. № 5. С. 49–54.
4. Лен Беларуси: Монография. Белорусский НИИ льна / Под ред. Голуба И.А. Минск: ЧЦП “Орех”, 2003. 245 с.
5. Тихомирова В.Я., Сорокина О.Ю., Кузьменко Н.Н., Нечушкин С.М. Усовершенствованная система применения удобрений в льняном севообороте: Монография. Торжок, 2005. 81 с.

6. *Ходянкова С.Ф., Кукреш С.П., Анфимова Э.Д.* Энергосберегающая технология применения удобрений под лен-долгунец // *Агрохимия*. 1996. № 11. С. 87–94.
7. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. Торжок, 1978. 71 с.
8. *Сорокина О.Ю., Кузьменко Н.Н.* Влияние гидротермических условий периода вегетации на урожайность льна-долгунца на основе данных длительных стационарных опытов // *Современные проблемы опытного дела. Мат-лы Международ. научн.-практ. Конф. 6–9 июня 2000 г. Санкт-Петербург, 2000. С. 251–255.*

Efficiency of Application of Complex Fertilizer under of Fibre Flax

N. N. Kuzmenko

*Institute of Flax – Federal Scientific Center for Bast Crops
ul. Lunacharskogo 35, Tver region, Torzhok 172002, Russia
E-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru*

The optimal parameters of placement in the soil of a complex fertilizer composition N5P25K30B0.3 at pre-planting tape introduction under of fibre flax are determined. The local introduction of complex fertilizers in the dose of 200 kg/ha between rows of 15 cm to a depth of 7 cm from the soil surface compared to broadcast make under cultivation increased activity of the root system, the utilization of phosphorus from fertilizers by 2.6%, potassium – by 8.7%, the yield of flax fiber – 1.9 c/ha. The payback of fertilizer increased by 1.57 kg/kg, the bioenergetic efficiency – by 0.9 units. Due to the combination of flax sowing operation with fertilization, labor costs decreased by 0.64 people-hour/ha, fuel consumption – by 2.2 kg/ha.

Key words: fibre flax, complex fertilizer, local application, spacing, depth of sealing.