

ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И ЗАТРАТЫ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛОКНА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В. А. ПРУДНИКОВ, Н. В. СТЕПАНОВА, Д. П. ЧИРИК, С. Р. ЧУЙКО

РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика Беларусь, 211003

(Поступила в редакцию 02.02.2021)

В условиях 2019–2020 годов в северо-восточной части Беларуси проведены исследования по оптимизации минерального питания льна-долгунца при возделывании его на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, содержащей органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных форм фосфора 160–165, калия 145–180, цинка 3,6–4,6, бора 0,47–0,52, меди 1,2–2,4 мг/кг почвы, с обменной кислотностью почвы рН_{ксл} 5,2–5,3. В работе представлены результаты исследований по влиянию доз азотного удобрения, применяемого в почву до посева, на потребление основных элементов питания растениями в динамике их развития, затраты на формирование тонны сухой биомассы и волокна. Внесение азотного удобрения в дозах 15–45 кг/га д.в. увеличивало содержание азота в растениях в фазы «ёлочка» на 0,44–1,09 %, в бутонизацию на 0,06–0,18 %, в цветение на 0,18–0,31 % и не оказывало существенного влияния на содержание в них фосфора и калия. Увеличение дозы азота с 15 до 30–45 кг/га д.в. повышало урожайность волокна на 1,6 ц/га (на 13 %), хозяйственный вынос урожаем азота на 7–15 кг/га (на 12–26 %), фосфора на 3–6 кг/га (на 12–26 %), калия на 7–8 кг/га (на 13–14 %). При повышении азота до 45 кг/га д.в. установлено увеличение затрат на формирование тонны волокна азота на 5,5 кг/т (на 12 %), фосфора на 2,1 кг/т (на 13 %) при урожайности волокна на уровне азотного удобрения 30 кг/га д.в. Хозяйственный вынос урожаем калия повышался с 55 до 63 кг/га, однако затраты его на формирование тонны волокна были одинаковыми 44 кг/т.

Ключевые слова: лен-долгунец, супесчаная почва, азотное удобрение.

In the conditions of 2019–2020, in the northeastern part of Belarus, studies were carried out to optimize the mineral nutrition of long-fiber flax when cultivating it on sod-podzolic cohesive sandy soil containing 1.6–1.8 % of organic matter, mobile forms of phosphorus – 160–165 mg / kg of soil, potassium – 145–180, zinc – 3.6–4.6, boron – 0.47–0.52, copper – 1.2–2.4 mg / kg of soil, with exchangeable soil acidity рН_{ксл} – 5.2–5.3. The paper presents results of research into the influence of doses of nitrogen fertilizer applied to the soil before sowing on the consumption of basic nutrients by plants in the dynamics of their development, the cost of forming a ton of dry biomass and fiber. Nitrogen fertilization in doses of 15–45 kg / ha of acting substance increased the nitrogen content in plants in the herringbone phase by 0.44–1.09%, in budding phase – by 0.06–0.18 %, in flowering phase – by 0.18–0.31 %, and did not have a significant effect on the content of phosphorus and potassium in them. Increasing the nitrogen dose from 15 to 30–45 kg / ha of acting substance increased the yield of fiber by 0.16 t / ha (by 13 %), economic removal of nitrogen by crop – by 7–15 kg / ha (by 12–26 %), phosphorus – by 3–6 kg / ha (by 12–26 %), potassium – by 7–8 kg / ha (by 13–14 %). With an increase in nitrogen to 45 kg / ha of acting substance, we established an increase in nitrogen rate for the formation of a ton of fiber by 5.5 kg / t (by 12 %), phosphorus – by 2.1 kg / t (by 13 %), with a fiber yield at the level of nitrogen fertilization of 30 kg / ha of acting substance. The economic removal of potassium by the crop increased from 55 to 63 kg / ha, but its input for the formation of a ton of fiber was the same – 44 kg / t.

Key words: long-fiber flax, sandy loam soil, nitrogen fertilization.

Введение

Супесчаные почвы в общей площади пашни республики занимают 48,4 % [1]. Согласно отраслевому регламенту возделывания льна-долгунца среди супесчаных почв для посева льна являются пригодными дерново-подзолистые связносупесчаные, подстилаемые суглинком и песком, и рыхлосупесчаные, подстилаемые суглинком [2]. Супесчаные почвы, в сравнении с суглинистыми, характеризуются меньшим содержанием физической глины, минеральных и органических коллоидов, гумуса, элементов питания и менее устойчивым водным режимом. В них быстрее разлагаются органические остатки и удобрения, поэтому в связи с низкой поглотительной способностью происходят значительные потери питательных веществ (особенно азота), усиливающиеся при избытке осадков. Эти особенности следует учитывать при планировании минерального питания сельскохозяйственных культур для получения требуемого урожая.

Уровень азотного питания является определяющим фактором продуктивности и качества льна-долгунца, а также потребления льном других элементов питания. Недостаток азота приводит к недобору урожая, а избыток – к наращиванию биомассы в ущерб образованию волокна. Кроме того, увеличение содержания азота в стебле стимулирует образование трудно растворимых форм пектинов, что затрудняет отделяемость костры от волокна и снижает номер волокна [3]. Высокие дозы азотных удобрений вызывают обводненность тканей растений льна, уменьшение толщины кутикулы и оболочки клетки, что облегчает проникновение возбудителей болезней в ткани растений, снижение массы семян и содержания масла в семенах [4, 5].

При расчете доз минеральных удобрений для сельскохозяйственных культур в учебнике «Агрохимия» [6] рекомендуются одинаковые величины затрат элементов питания на единицу продукции для суглинистых и супесчаных почв, что требует уточнения.

Цель исследований заключалась в установлении влияния доз азотного удобрения на химический состав растений льна-долгунца и затраты основных элементов питания при формировании единицы урожая волокна.

Основная часть

Полевые опыты закладывались на опытном поле ОАО «Хотимский льнозавод» Хотимского района, Могилевской области с использованием сорта льна-долгунца Грант. Исследования осуществлялись в слабозасушливых погодных условиях периода вегетации 2019 г. (ГТК 1,3) и переувлажненных 2020 г. (ГТК 1,9).

Почва опытного участка дерново-подзолистая связносупесчаная, развивающаяся на водно-ледниковых пылевато-песчаных супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,7–0,8 метра. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы были следующие: рНксл 5,2–5,3, содержание органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных фосфатов 160–165, калия 145–180, цинка 3,6–4,6, бора 0,47–0,52, меди 1,2–2,4 мг/кг почвы. Почва характеризовалась средним содержанием фосфора, калия, бора, цинка, низким и средним содержанием меди. Повторность полевого опыта четырехкратная, площадь общей делянки – 28, учетной – 15 м² [7].

Семена льна обрабатывались защитно-стимулирующим составом, включающим протравитель Витавакс 200ФФ, 2,0 л/т, инсектицид Табу, 1,0 л/т, микроэлементы цинк 120, бор 100 г/т д.в. Минеральные удобрения вносили весной в виде двойного суперфосфата, хлористого калия и КАСа согласно схеме опыта. Обработка почвы включала осеннюю вспашку на глубину пахотного слоя 20 см, весеннюю культивацию для «закрытия влаги» на глубину 5–7 см, вторую культивацию для заделки минеральных удобрений на глубину 8–10 см, предпосевную обработку почвы агрегатом АКШ-6. Посев льна-долгунца осуществлялся сеялкой СПУ-6Л с шириной междурядий 6,25 см, нормой высева 20 млн всхожих семян на гектар.

Против сорной растительности посевы обрабатывались композиционным составом Агритокс, 0,7 + Секатор турбо, 0,05 (фаза «ёлочка») + Миура, 1,0 л/га (через 7 дней); против болезней льна – Феразим, 1,0 л/га. Уборка посева осуществлялась тереблением (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты. Химический состав растений льна определяли методом мокрого озоления с последующим определением макроэлементов [8].

На связносупесчаной почве, содержащей 1,6–1,8 % органического вещества, изучались дозы азотного удобрения от 15 до 45 кг/га д.в. при внесении в почву на фоне фосфорно-калийного удобрения Р₆₀К₁₂₀.

В фазе «ёлочка» в сухом веществе растений льна-долгунца в варианте без азотного удобрения содержалось 3,56 % азота (таблица 1). При внесении в почву 15 кг/га д.в. азотного удобрения содержание азота в растениях увеличилось до 4,00 % (на 0,44 %). С увеличением азота с 15 до 30 кг/га д.в. содержание его в растениях повышалось на 0,38 %, с 30 до 45 кг/га д.в. – на 0,27 %.

Таблица 1. Влияние доз азотного удобрения на содержание в растениях льна-долгунца азота, фосфора и калия по фазам развития, 2019–2020 гг.

| Доза азота, кг/га д.в. | Содержание в сухом веществе, % | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------|---------------|-------------------------------|------------------|
| | фаза «ёлочка» | | | фаза бутонизации | | | фаза цветения | | |
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 0 (контроль) | 3,56 | 0,72 | 2,65 | 1,16 | 0,62 | 2,36 | 0,94 | 0,46 | 1,48 |
| 15 | 4,00 | 0,73 | 2,70 | 1,22 | 0,63 | 2,38 | 1,12 | 0,42 | 1,58 |
| 30 | 4,38 | 0,73 | 2,71 | 1,27 | 0,61 | 2,39 | 1,16 | 0,41 | 1,58 |
| 45 | 4,65 | 0,74 | 2,71 | 1,34 | 0,60 | 2,41 | 1,25 | 0,40 | 1,58 |

В контрольном варианте в сухой биомассе растений в фазе бутонизации льна содержалось 1,16 % азота, в фазе цветения – 0,94 %. Внесение азотного удобрения в дозах 15–45 кг/га д.в. повышало содержание азота в фазе бутонизации на 0,06–0,18 %, в цветение льна – на 0,18–0,31 %.

Увеличение дозы минерального азота обеспечило тенденцию к повышению содержания фосфора в сухой массе растений льна в фазе «ёлочка» и тенденцию к снижению содержания фосфора в фазах бутонизации и цветения льна. Применение азотного удобрения незначительно повышало содержание калия в сухом веществе биомассы с 2,65 до 2,71 % в фазе «ёлочка», с 2,36 до 2,41 в бутонизацию, с 1,48 до 1,58 % в цветение льна.

Расчеты потребления растениями минерального азота свидетельствуют, что увеличение дозы азотного удобрения до 15–45 кг/га д.в. по отношению к контролю повышало потребление его в фазе «ёлочка» на 4,2–9,6 кг/га (на 29–66 %), в бутонизацию на 7,7–18,0 кг/га (на 25–59 %), в фазе цветения на 12,3–27,9 кг/га (на 37–84 %) (табл. 2). Кроме того, увеличение дозы азотного удобрения на гектар посева повышало потребление льном фосфора по фазам развития: в «елочку» на 0,4–0,8, в бутонизацию на 3,4–5,4, в цветение на 0,8–3,4 кг/га; а также калия, соответственно, на 1,8–3,2, 12,5–25,5, 11,9–25,1 кг/га. Таким образом, с увеличением дозы азотного удобрения до 15–45 кг/га д.в. потребление растениями фосфора в фазе «ёлочка» повышалось на 13–27 %, в фазе бутонизации на 21–33 %, в фазе цветения на 5–21 %; потребление калия, соответственно, на 17–29 %, 20–41 %, 23–48 %.

Затраты азота на формирование тонны сухой массы в фазе «ёлочка» в контрольном варианте составили 35,6 кг/т, при внесении азота 15–45 кг/га д.в. повышались до 40,0–46,5 кг/т сухого вещества, или на 4,4–10,9 кг/т по сравнению с контролем. В фазы бутонизации и цветения льна азотное удобрение незначительно повышало затраты азота на формирование тонны сухого вещества: без азотного удобрения затраты азота составили 11,6 и 9,4 кг/т, при внесении 15–45 кг/га д.в. азота – 12,2–13,4 и 11,2–12,5 кг/т соответственно.

Таблица 2. Влияние азотного удобрения на потребление и затраты основных элементов питания растениями льна-долгунца по фазам развития, 2019–2020 гг.

| Доза азота, кг/га д.в. | Сухая масса, ц/га | Потребление элементов, кг/га | | | Затраты элементов, кг/т сухой массы | | |
|------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| фаза «ёлочка» | | | | | | | |
| 0 (контроль) | 4,1 | 14,6 | 3,0 | 10,9 | 35,6 | 7,3 | 26,6 |
| 15 | 4,7 | 18,8 | 3,4 | 12,7 | 40,0 | 7,2 | 27,0 |
| 30 | 5,0 | 21,9 | 3,6 | 13,6 | 43,8 | 7,2 | 27,2 |
| 45 | 5,2 | 24,2 | 3,8 | 14,1 | 46,5 | 7,3 | 27,1 |
| фаза бутонизация | | | | | | | |
| 0 (контроль) | 26,3 | 30,5 | 16,3 | 62,0 | 11,6 | 6,2 | 23,6 |
| 15 | 31,3 | 38,2 | 19,7 | 74,5 | 12,2 | 6,3 | 23,8 |
| 30 | 35,1 | 44,6 | 21,4 | 83,9 | 12,7 | 6,0 | 23,9 |
| 45 | 36,2 | 48,5 | 21,7 | 87,2 | 13,4 | 6,0 | 24,1 |
| фаза цветение | | | | | | | |
| 0 (контроль) | 35,3 | 33,2 | 16,2 | 52,2 | 9,4 | 4,6 | 14,8 |
| 15 | 40,6 | 45,5 | 17,0 | 64,1 | 11,2 | 4,2 | 15,8 |
| 30 | 47,6 | 55,2 | 19,5 | 75,2 | 11,6 | 4,1 | 15,8 |
| 45 | 48,9 | 61,1 | 19,6 | 77,3 | 12,5 | 4,0 | 15,8 |

Повышение доз азотного удобрения слабо влияло на затраты фосфора и калия при формировании единицы сухого вещества, которые составили по фазам развития льна: «ёлочка» 7,2–7,3 и 27,0–27,2; бутонизация 6,0–6,3 и 23,8–24,1; цветение 4,0–4,2 и 15,8 кг/т сухой массы соответственно.

Повышение доз азотного удобрения от 0 до 45 кг/га д.в. способствовало накоплению азота в семенах льна с 3,45 до 3,72–4,47 %, соломе с 0,56 до 0,65–0,72 % (табл. 3). Это обеспечило тенденцию повышения содержания фосфора в соломе, мякине, семенах и калия в семенах, но не оказывало влияния на содержание калия в соломе и мякине.

Таблица 3. Влияние доз азотного удобрения на содержание азота, фосфора и калия в соломе, мякине и семенах, фаза ранней желтой спелости, 2019–2020 гг.

| Доза азота, кг/га д.в. | Содержание в сухом веществе, % | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|----------|-------------------------------|------------------|-----------|-------------------------------|------------------|
| | в соломе | | | в мякине | | | в семенах | | |
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 0 (контроль) | 0,56 | 0,27 | 0,91 | 0,78 | 0,46 | 0,93 | 3,45 | 0,73 | 0,80 |
| 15 | 0,65 | 0,29 | 0,90 | 0,80 | 0,47 | 0,99 | 3,72 | 0,73 | 0,80 |
| 30 | 0,68 | 0,29 | 0,92 | 0,81 | 0,52 | 0,99 | 3,94 | 0,81 | 0,88 |
| 45 | 0,72 | 0,32 | 0,89 | 0,82 | 0,52 | 0,94 | 4,47 | 0,89 | 0,90 |

Вынос элементов питания льном не является постоянной величиной и зависит от почвенно-климатических условий, агротехники возделывания и биологических особенностей сортов льна [9]. В среднем за два года в общей массе урожая льна-долгунца (солома + мякина + семена) в варианте без азотного удобрения хозяйственный вынос азота составил 48,4, фосфора 18,7, калия 51,6 кг/га (табл. 4). Азотное удобрение в дозах 15–45 кг/га д.в. повышало общий вынос азота до 58,0–73,1 кг/га, или на 20–51 % по отношению к контролю, а также фосфора до 21,2–26,8 кг/га (на 13–43 %) и калия до 54,9–62,5 кг/га (на 6–21 %).

Таблица 4. Влияние азотного удобрения на хозяйственный вынос урожаем льна-долгунца и затраты элементов питания на формирование тонны волокна, 2019–2020 гг.

| Доза азота, кг/га д.в. | Урожайность волокна, ц/га | Вынос урожая, кг/га | | | Затраты на волокно, кг/т | | |
|------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 0 (контроль) | 10,5 | 48,4 | 18,7 | 51,6 | 46,1 | 17,8 | 49,1 |
| 15 | 12,6 | 58,0 | 21,2 | 54,9 | 46,0 | 16,8 | 43,6 |
| 30 | 14,2 | 65,1 | 23,7 | 62,0 | 45,8 | 16,7 | 43,7 |
| 45 | 14,2 | 73,1 | 26,8 | 62,5 | 51,5 | 18,9 | 44,0 |

Расчет затрат на единицу продукции выполнен на основе полученной в опыте урожайности волокна. В среднем за два года исследований затраты на формирование тонны льноволокна без внесения азотного удобрения составили: азота 46,1, фосфора 17,8 и калия 49,1 кг при урожайности волькна 10,5 ц/га. Внесение азотного удобрения в почву в дозе 15–30 кг/га д.в. не повышало затраты азота и фосфора на формирование тонны волокна, но снижало затраты калия на 5 кг/т, или на 11 %. Увеличение дозы азота до 45 кг/га д.в. по отношению к 30 кг/га д.в. увеличивало затраты азота на 5,7 кг/т (на 12 %), фосфора на 2,2 кг/т волокна (на 13 %) при идентичной урожайности волокна 14,2 ц/га.

Заключение

В условиях 2019–2020 годов при возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой связносу-песчаной почве, содержащей органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных калия 145–180, фосфора 160–165, меди 1,2–2,4, цинка 3,6–4,6 и бора 0,47–0,52 мг/кг почвы, внесение азотного удобрения перед посевом в почву в дозах 15–45 кг/га д.в. увеличивало содержание азота в растениях в фазы «ёлочка» на 0,44–1,09 %, в бутонизацию на 0,06–0,18 %, в цветение на 0,18–0,31 % и не оказывало существенного влияния на содержание в них фосфора и калия.

Внесение под лен-долгунец 15–45 кг/га д.в. азотного удобрения по сравнению с вариантом без азота повышало содержание азота в семенах на 0,27–1,02 %, в соломе на 0,10–0,16 %, что увеличивало хозяйственный вынос азота урожаем с 48 до 58–73 кг/га (на 20–51 %), а затраты азота на формирование тонны волокна составили 46–52 кг/т. Внесение 15–45 кг/га д.в. азотного удобрения повышало общий вынос калия на 3,3–10,9 кг/га (на 6–21 %), однако затраты калия на формирование тонны волокна были ниже на 5,1–5,5 кг/т (на 10–11 %). Увеличение дозы азотного удобрения до 45 кг/га д.в. повышало содержание фосфора в семенах на 0,16 %, соломе на 0,05 %, мякине на 0,06 %, общее потребление фосфора урожаем с 19 до 27 кг/га (на 43 %), затраты его на формирование тонны волокна с 18 до 19 кг/т (на 6 %). Доза азотного удобрения 30 кг/га д.в. была достаточной для получения максимальной за годы исследования урожайности льноволокна 14 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

- Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.
- Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. Г. Гусаков, [и др.]. // утвержден Минсельхозпрод РБ. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.
- Соболев, М. А. Химия льна и лубоволокнистых материалов / М. А. Соболев. – Москва: Изд-во науч.-технич. лит. лег. пром. «Гизлегпром», 1963. – 142 с.
- Абушинова, Е. В. Продуктивность семян льна масличного в зависимости от применения азотных удобрений на дерново-карбонатных почвах в условиях ленинградской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Е. В. Абушинова. – Санкт-Петербург, 2018. – 142 л.
- Прудников, В. А. Влияние доз азотного удобрения на формирование урожая маслосемян новых сортов льна масличного / В. А. Прудников, Д. Ю. Фесько // Вестник Белорусской Государственной Сельскохозяйственной Академии. – 2016. – № 3. – С. 53–55.
- Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под общ. ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
- Агрохимия. Практикум: учебное пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
- Эффективность применения удобрений на посевах льна масличного в условиях Северного Кавказа / Н. М. Тишков [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2005. – №2 (133). – С. 63–68.