

- Кирик, Н. Н. Грибные болезни гороха / Н. Н. Кирик, М. И. Пиковский // Защита и карантин растений. – 2006. – №6. – С. 46–49.
- Falloon, R. E. Powdery mildew of peas; possible causes of recent epidemics and prospects for control / R. E. Falloon, A. F. McErlach, R. E. Scott // Proceedings of 42nd New Zealand Weed and Pest Control Conference, 1989. – New Zealand: The New Zealand Weed and Pest Control Society Inc., 1989. – P. 247–250.
- Тими́на, Л. Т. Устойчивость гороха овощного к мучнистой росе / Л. Т. Тими́на, И. П. Котля́р, Е. П. Прони́на // Овощи России. – № 1(18). – 2013. – С. 73–75.
- Рекомендации по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений / Г. П. Шуровенкова [и др.]; под ред. Г. П. Шуровенкова. – Воронеж: Всероссийский НИИ защиты растений, 1984. – 274 с.
- Методы исследования в защите растений: Методические указания / Сост.: Л. Н. Соколова. – Тирасполь, 2015. – 42 с.
- Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян: ГОСТ 12042-80. – Взамен ГОСТ 12042-66 (кроме части по сахарной свекле); введ. 01.07.81. – М.: Стандартиформ., 2011. – 4 с.
- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.5:633.521

## Изменение размеров и форм индивидуальных микроструктур стебля льна-долгунца при выращивании на почве с разным уровнем кислотности

В. А. Прудников, доктор с.-х. наук, Н. В. Степанова, кандидат с.-х. наук  
Институт льна

(Дата поступления статьи в редакцию 23.01.2017 г.)

В статье представлены результаты по влиянию кислотности почвы на размеры и формы индивидуальных микроструктур стебля льна-долгунца. При возделывании на повышенном уровне  $pH_{KCl}$  – 6,2–6,5 по сравнению с оптимальным установлено снижение площади луба стебля на 31,7–55,5 % при низком соотношении луба к древесине 0,44. Техническое волокно формировалось за счет рыхлых волокнистых пучков, общая площадь которых снижалась на 36,5–59,6 %, не однотипных по величине и форме элементарных волокон с большими внутренними просветами, количество которых в пучке снижалось на 33–34 %, а размер – с 385,1 до 329,6–346,2 мкм<sup>2</sup>, что свидетельствует о низком содержании и качестве льняного волокна.

### Введение

При подборе посевных площадей для льна лимитирующим фактором льнопригодности почвы является кислотность. Физиологический оптимум кислотности почвы составляет  $pH_{KCl}$  – 5,0–5,5 [1–4]. Многолетние исследования РУП «Институт льна» позволяют определить допустимый уровень кислотности  $pH_{KCl}$  – 5,6–6,0 и возможность выращивания льна на почвах с небольшим повышением уровня кислотности путем применения разработанных технологических приемов, позволяющих частично нивелировать негативное воздействие высокого содержания в почве кальция и магния на растение льна.

Выращивание льна на почве с нерегламентированной кислотностью обуславливает несбалансированное питание и глубокие изменения обмена веществ у растений, ведущие к задержке роста или полной гибели, проявлению хлороза и другим нарушениям [5].

Несмотря на значительный объем уже проведенных ранее экспериментов по анализу формирования волокна многие вопросы требуют дополнительного изучения. Недостаточно исследованы структурные видоизменения, происходящие в растениях льна-долгунца на различных уровнях кислотности.

При сравнительно приемлемом урожае соломы и тресты, полученном на почве с неблагоприятной для льна кислотностью, при переработке получается низкий выход волокна, а длинное волокно имеет низкие показатели гибкости и прочности.

Нарушения формирования продуктивности и технологического качества льноволокна на уровне анатомического строения стебля льна являются предметом данной работы.

*The article presents the results on the effect of soil acidity on the sizes and shapes of the individual microstructures flax stalk. When cultivating at an elevated level  $pH_{KCl}$  – 6,2–6,5 compared with the optimal, A reduction in the area of stem phloem by 31,7–55,5 %, with low correlation to wood bast 0,44. Technical fibers formed by loose fibrous bundles, the total area decreased by 36,5–59,6 %; not similar in size and shape of the filaments with large internal openings, whose number is decreased by the beam 33–34 % and size from 385,1 to 329,6–346,2 mkm<sup>2</sup>, indicating a low content and quality of flax fiber.*

Цель исследований: определить влияние кислотности почвы на изменение размеров и форм индивидуальных микроструктур стебля льна-долгунца.

### Методика проведения исследований

Полевые опыты закладывали согласно общепринятой методике проведения полевых опытов [6]. Пораженность болезнями устанавливали согласно практическому руководству по фитосанитарному контролю посевов льна-долгунца [7].

Для анатомического анализа образцов по каждому из них отбирали 10 стеблей, типичных по толщине, длине и цвету. Анатомию стеблей изучали на их поперечных срезах. Отрезок стебля 10 см отбирали на половине технической длины. Отобранные для анализа отрезки стеблей льна размягчали в течение двух-трех суток в смеси спирта, глицерина и воды, взятых в соотношении 1:1:1.

Для исследований использовали микроскоп NICON с компьютерным анализатором. При небольшом увеличении (10×) в двух взаимно перпендикулярных направлениях измеряли диаметр среза, толщину древесины и луба, которые выражали в процентах к радиусу. Просматривая срез под микроскопом, отмечали пучок, отличающийся от других размером или формой, и от него по часовой стрелке подсчитывали число лубяных пучков и общее число элементарных волокон на срезе. Для подсчета одревесневших волокон срез окрашивали раствором флороглюцина, который окрашивает одревесневшие клеточные стенки в красный цвет [8].

При большом увеличении (15×40) на каждом срезе измеряли диаметр пятидесяти волокон и просветов. Цену

деления объектива находили с помощью эталонного объект-микрометра.

**Результаты исследований и их обсуждение**

Для проведения исследований избран один из лучших сортов льна-долгунца Грант (1 репродукция) селекции РУП «Институт льна». Растения для анализа взяты с почвенных участков, характеризующихся разным уровнем кислотности почвы: рН<sub>KCl</sub> от 5,2 (оптимальный), 5,9 (допустимый), 6,2 (повышенный), 6,5 (непригодный для льна).

Вегетационный период 2016 г. характеризовался как переувлажненный (ГТК – 1,84): в мае выпало осадков 179–233 % от нормы, в июне только 27,7 %; созревание льна (июль) проходило при нормальном увлажнении. Степень поражения льна-долгунца кальциевым хлорозом в фазе «ёлочка» на фоне с рН<sub>KCl</sub> – 6,5 составила 95 %; на фоне рН<sub>KCl</sub> – 6,2 – 25 %; на фоне с рН<sub>KCl</sub> – 5,0–6,0 кальциевый хлороз не обнаружен. Однако водно-температурный режим вегетации позволил растениям, выращенным на непригодной для льна кислотности почвы, сформировать вторичный стебель и достигнуть приемлемой высоты 70–80 см (на почве с оптимальной кислотностью высота стебля 99 см).

При анализе гистологических элементов стебля оценивали основные показатели, определяющие продуктивность растения: мощность фотосинтезирующей паренхимы (хлоренхимы), соотношение луба к древесине, особенности формирования лубяных пучков и волокон.

С увеличением уровня рН<sub>KCl</sub> изменялись в сторону уменьшения диаметр и площадь среза стебля, толщина и площадь клеточной стенки, что приводило к снижению выполненности стебля с 69,8 (рН<sub>KCl</sub> – 5,2) до 63,7 % (рН<sub>KCl</sub> – 6,5) (таблица 1).

На почве с высоким уровнем рН<sub>KCl</sub> установлено снижение развития проводящей системы стебля. Мощность хлоренхимы снижалась с 27,8 (рН<sub>KCl</sub> – 5,2) до 20,9 мкм (рН<sub>KCl</sub> – 6,5), а её площадь – с 144,1 до 75,1 мм<sup>2</sup>.

Отрицательное влияние избыточного содержания в почвенно-поглощающем комплексе карбонатов на формирование луба проявлялось уже на допустимом уровне рН<sub>KCl</sub> – 5,9. Площадь луба снижалась в зависимости от кислотности почвы: рН<sub>KCl</sub> – 5,9 – на 79,3 мм<sup>2</sup> (11,3 %), рН<sub>KCl</sub> – 6,2 – на 223,2 мм<sup>2</sup> (31,7 %), рН<sub>KCl</sub> – 6,5 – на 390,6 мм<sup>2</sup> (55,5 %) (таблица 2). Луб – волокнистая часть недеструктированного стебля льна-долгунца, полученная после механического удаления из него древесины. Поэтому со-

держание луба в стебле имеет прямую связь с урожаем волокна.

В результате поражения льна кальциевым хлорозом при высоком уровне рН<sub>KCl</sub> происходило торможение общего роста и развития льна, поэтому с уменьшением длины и диаметра стебля снижалась площадь не только луба, но и древесины с 1079,9 (рН<sub>KCl</sub> – 5,2) до 639,2 мм<sup>2</sup> (рН<sub>KCl</sub> – 6,5).

Кислотность почвы изменяет показатель соотношения луба к древесине. У стеблей, выращенных при оптимальной кислотности почвы, соотношение луба к древесине 0,61, о чем свидетельствует более развитая стенка стебля 460 мкм и хлоренхима 144,1 мм<sup>2</sup>. У стеблей, выращенных на почве с повышенной рН<sub>KCl</sub>, имеющих слабую стенку (351–412 мкм), древесина занимает 639,2–993,4 мм<sup>2</sup> при соотношении луба к древесине 0,44.

Составляющими луба являются волокнистые (лубяные) пучки. На поперечном срезе обычно насчитывается от 15 до 40 лубяных пучков, которые располагаются по периферии стебля, образуя кольцо различной плотности. Лубяные пучки состоят из групп веретенообразных толстостенных клеток с небольшой полостью элементарных волокон, которые плотно соединяются между собой пектином. Элементарные волокна соединены в пучке так, что концы отдельных волокон находятся на неодинаковой высоте. Это обуславливает прочность каждого пучка. Отдельное элементарное волокно имеет длину в среднем 20–30 мм, но может достигать 120 мм и более. Количество элементарных волокон в лубяном пучке колеблется от 10 до 50 штук.

Анализом структуры луба установлено, что с увеличением уровня рН<sub>KCl</sub> с 5,2 до 6,5 снижалось количество образовавшихся волокнистых пучков с 29 до 22 шт. и площадь пучка с 14,1 до 7,3 мм<sup>2</sup>, а также количество элементарных волокон в пучке с 39,8 до 26,3 шт. и их размер с 385,1 до 329,6 мкм<sup>2</sup> (таблица 3).

Качество льняного волокна зависит от формы и строения как лубяных пучков, так и элементарных волокон. Хорошее качество волокна характеризуется наличием лубяных пучков правильной удлиненно-овальной или тангентальной формы с ровными краями. Волокно с крупными лубяными пучками округлой формы или с неровными краями имеет низкое качество. Форма элементарных волокон в поперечном сечении бывает различной – от овальной до многоугольной. Волокна многоугольной формы плотнее соединены между собой, что обеспечивает

**Таблица 1 – Гистологический состав стебля льна-долгунца (фаза ранней жёлтой спелости)**

| Вариант                 | Выполненность стебля |                          |                     |                                 |                 | Хлоренхима   |                          |
|-------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------------------|
|                         | диаметр, мм          | площадь, мм <sup>2</sup> | толщина стенки, мкм | площадь стенки, мм <sup>2</sup> | % выполненности | толщина, мкм | площадь, мм <sup>2</sup> |
| рН <sub>KCl</sub> – 5,2 | 1,67                 | 2200,4                   | 460                 | 1536,9                          | 69,8            | 27,8         | 144,1                    |
| рН <sub>KCl</sub> – 5,9 | 1,58                 | 1961,3                   | 447                 | 1329,5                          | 67,8            | 26,6         | 129,4                    |
| рН <sub>KCl</sub> – 6,2 | 1,53                 | 1858,1                   | 412                 | 1204,1                          | 64,8            | 25,3         | 115,7                    |
| рН <sub>KCl</sub> – 6,5 | 1,17                 | 1072,1                   | 351                 | 683,4                           | 63,7            | 20,9         | 75,1                     |

**Таблица 2 – Влияние кислотности почвы на формирование луба и древесины стебля льна-долгунца (фаза ранней жёлтой спелости)**

| Вариант                 | Луб          |                          | Древесина    |                          |                              |                              |
|-------------------------|--------------|--------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                         | толщина, мкм | площадь, мм <sup>2</sup> | толщина, мкм | площадь, мм <sup>2</sup> | % к выполненной части стебля | соотношение луба к древесине |
| рН <sub>KCl</sub> – 5,2 | 147          | 704,1                    | 240          | 1079,9                   | 70,3                         | 0,61                         |
| рН <sub>KCl</sub> – 5,9 | 138          | 624,8                    | 251          | 1042,8                   | 78,4                         | 0,55                         |
| рН <sub>KCl</sub> – 6,2 | 111          | 480,9                    | 256          | 993,4                    | 82,5                         | 0,44                         |
| рН <sub>KCl</sub> – 6,5 | 93           | 313,5                    | 213          | 639,2                    | 93,5                         | 0,44                         |

Таблица 3 – Характеристика структурных элементов луба льна-долгунца (фаза ранней жёлтой спелости)

| Вариант                 | Волокнистые пучки |                          |  |  | Элементарные волокна    |  |   |  |
|-------------------------|-------------------|--------------------------|--|--|-------------------------|--|---|--|
|                         | количество, шт.   | площадь, мм <sup>2</sup> | общая площадь пучков в стебле, мм <sup>2</sup> | отношение площади пучков к общей площади луба, % | количество в пучке, шт. | средний размер волокон, мкм <sup>2</sup> | размер просвета волокна, мкм <sup>2</sup> | полезная площадь волокна, мкм <sup>2</sup> |
| pH <sub>KCl</sub> – 5,2 | 29                | 14,1                     | 402,9  | 0,57   | 39,8                    | 385,1                                    | 9,0                                       | 376,2                                      |
| pH <sub>KCl</sub> – 5,9 | 27                | 13,0                     | 345,6  | 0,55   | 32,6                    | 360,8                                    | 18,5                                      | 303,1                                      |
| pH <sub>KCl</sub> – 6,2 | 26                | 9,8                      | 255,8  | 0,53   | 26,7                    | 346,2                                    | 43,2                                      | 283,7                                      |
| pH <sub>KCl</sub> – 6,5 | 22                | 7,3                      | 162,7  | 0,52   | 26,3                    | 329,6                                    | 45,9                                      | 282,3                                      |

механическую прочность волокнистых пучков. Высокое качество имеет волокно с некрупными, но ровными по диаметру элементарными волокнами граненой формы с толстыми стенками и небольшими просветами внутри. Расположение таких волокон в пучке плотное, а степень их одревеснения минимальная.

О количестве и качестве волокна дает представление анатомическая картина поперечного среза стебля льна-долгунца.

На почве с pH<sub>KCl</sub> – 5,2 (оптимальная кислотность) сформировался луб из плотно сложенных волокнистых пучков многогранной формы. Элементарные волокна имеют средний размер около 3845,1 мкм<sup>2</sup>, небольшие внутренние просветы около 9 мкм<sup>2</sup> и плотное расположе-

ние в пучке (рисунок 1). Эти признаки свидетельствуют о высоком качестве волокна.

В зависимости от кислотности почвенного раствора, положение волокон в стебле и их размеры сильно изменяются. На почве с pH<sub>KCl</sub> – 5,9 (допустимая регламентом кислотность) общая площадь волокнистых пучков в стебле снижалась на 57,3 мм<sup>2</sup> или на 14,2 % (рисунок 2). Сформированные пучки были менее плотные и содержали элементарные волокна, характеризующиеся меньшим размером на 24,3 мкм<sup>2</sup>, но большим внутренним просветом волокон на 9,5 мкм<sup>2</sup>.

На почве с повышенным уровнем pH<sub>KCl</sub> – 6,2–6,5 в стеблях формировались рыхлые пучки, общая площадь которых составила 162,7–255,8 мм<sup>2</sup> (снижение к опти-

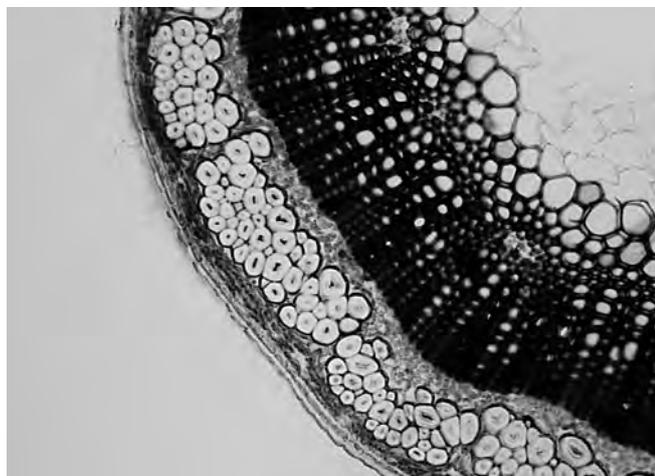


Рисунок 1 – Поперечный разрез стебля льна-долгунца, выращенного на почве с pH<sub>KCl</sub> – 5,2

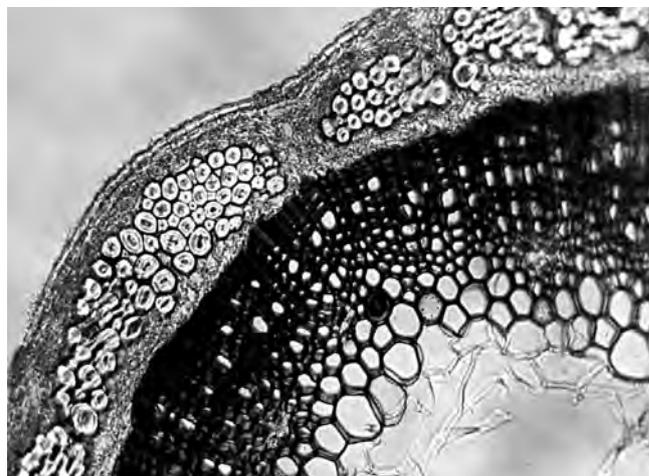


Рисунок 2 – Поперечный разрез стебля льна-долгунца, выращенного на почве с pH<sub>KCl</sub> – 5,9

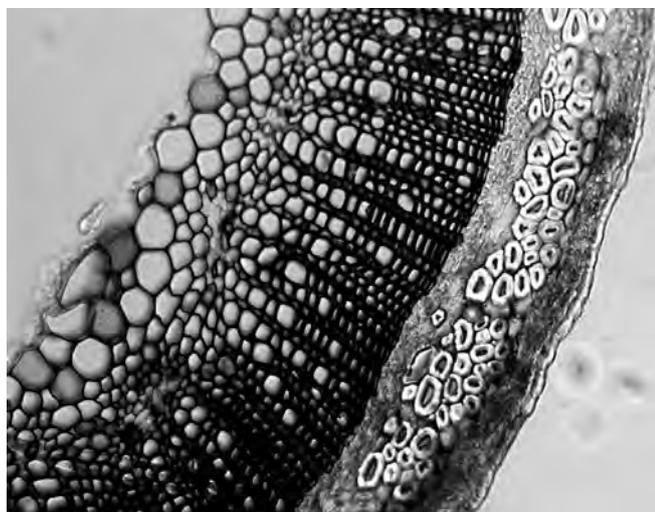


Рисунок 3 – Поперечный разрез стебля льна-долгунца, выращенного на почве с pH<sub>KCl</sub> – 6,2

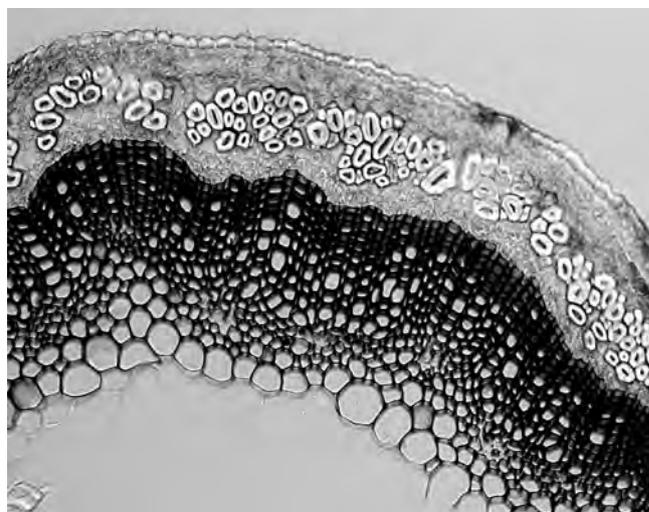


Рисунок 4 – Поперечный разрез стебля льна-долгунца, выращенного на почве с pH<sub>KCl</sub> – 6,5

мальной кислотности 36,5–59,6 %) (рисунок 3, 4). Элементарные волокна не однотипные по величине и форме с большими просветами 43,2–45,9 мкм<sup>2</sup>. Размер волокон меньше по отношению к оптимальному уровню кислотности на 38,9–55,5 мкм<sup>2</sup> или на 10–14 %. Расположение таких волокон в пучке не плотное, что свидетельствует о низкой разрывной нагрузке волокна. А небольшое количество пучков с большими разрывами между элементарными волокнами – это признак низкого содержания волокна в стеблях льна.

## Заключение

Установлено изменение формы и размеров индивидуальных микроструктур стебля в зависимости от кислотности почвы.

При возделывании льна на допустимом уровне рН<sub>KCl</sub> – 5,9 установлено снижение площади луба на 79,3 мм<sup>2</sup> (11,3 %), древесины – на 37,1 мм<sup>2</sup> (3,4 %) при соотношении луба к древесине 0,55. Общая площадь волокнистых пучков в стебле снижалась на 57,3 мм<sup>2</sup> (14,2 %). Сформированные пучки были менее плотные и содержали элементарные волокна, характеризующиеся меньшим размером на 24,3 мкм<sup>2</sup>, но большим внутренним просветом волокон на 9,5 мкм<sup>2</sup>.

При возделывании льна на повышенном уровне рН<sub>KCl</sub> – 6,2–6,5 снижение площади луба составило 223,2–390,6 мм<sup>2</sup> (31,7–55,5 %). Стебли имеют слабо выполненную стенку (351–412 мкм), древесина занимает 639,2–993,4 мм<sup>2</sup> при соотношении луба к древесине 0,44. Волок-

нистые пучки рыхлые, общей площадью 162,7–255,8 мм<sup>2</sup> (снижение к оптимальной кислотности 36,5–59,6 %). Элементарные волокна не однотипные по величине и форме с большими просветами 43,2–45,9 мкм<sup>2</sup>, количество их в пучке снижается с 39,8 до 26,3–26,7 шт., а размер – с 385,1 до 329,6–346,2 мкм<sup>2</sup>. Небольшое количество пучков с неплотно расположенными элементарными волокнами свидетельствует о низком содержании и низком качестве льняного волокна.

## Литература

1. Прудников, В. А. Проблемы кальциевого хлороза льна-долгунца / В. А. Прудников, П. А. Евсеев, Д. А. Белов // Льноводство: реалии и перспективы: матер. Междунар. науч.-практ. конф., Устье, 27-28 июня 2013 г. / РУП «Институт льна»; редкол.: В. А. Прудников [и др.]. – Могилев, 2013. – С. 127–133.
2. Прудников, В. А. Эффективность борного и цинкового удобрений на льне масличном в зависимости от кислотности почвы / В. А. Прудников, Д. А. Белов, П. А. Евсеев // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – №2. – С. 30–32.
3. Прудников, В. А. Влияние кислотности почвы на урожайность льна-долгунца / В. А. Прудников // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 4. – С. 17–19.
4. Тихомирова, В. Я. Опасность для льна-долгунца очагового переизвесткования почвы и способы ее ослабления. Вопросы известкования почвы. – М.: Агроконсалт, 2002. – С. 192–194.
5. Backe, V. The effects of pH on absorption and desorption of potassium in a granitic soil / V. Backe, Z. Varbanova // J.Sc.Food Agr. – 1995. – V. 26. – №6. – P. 855–860.
6. 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.
7. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца. Практическое руководство / П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.
8. Методические указания по селекции льна-долгунца. – Торжок, 1987. – 63 с.

УДК 631.8.022: 635.65

## Эффективность применения минеральных удобрений и регуляторов роста при возделывании фасоли овощной

В. Н. Босак<sup>1</sup>, доктор с.-х. наук, Т. В. Сачивко<sup>2</sup>, кандидат с.-х. наук

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет

<sup>2</sup>Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 02.02.2017 г.)

Приведены результаты исследований эффективности применения минеральных удобрений и регуляторов роста при возделывании фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Применение минеральных удобрений и регуляторов роста стимулирующего действия увеличило урожайность фасоли овощной при высоких показателях качества товарной продукции (урожайность 238,3–263,6 ц/га бобов, содержание сырого протеина 16,5–16,9 %).

Некорневая обработка посевов фасоли овощной регуляторами роста Эпин, Ростмомент и Экосил увеличила урожай бобов в фазе технологической спелости на 15,8–18,1 ц/га при общей урожайности 254,1–256,4 ц/га и содержании сырого протеина 16,6–16,7 %.

## Введение

Получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с благоприятным качеством товарной продукции невозможно без применения научно-обоснованной системы удобрения, в т. ч. минеральных удобрений, которые в условиях Республики Беларусь формируют более 50 % урожая основных сельскохозяйственных культур [1, 14].

Наряду с другими агротехническими приемами все более широкое применение в агропромышленном производстве находят регуляторы роста [3, 10, 11, 13, 16].

In the article there are the results of the studies on the application of mineral fertilizers and growth regulators during the cultivation of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the sod-podzolic sandy loamy soil.

The use of mineral fertilizers and growth regulators of stimulating effect has increased yields of green beans with high commodity output quality (yield of beans 23,83–26,36 t<sup>ha</sup><sup>-1</sup>, of crude protein 16,5–16,9 %).

Foliar treatment of green bean sowings Epin, Rostmoment and Ecosil growth regulators has increased yields of beans in a phase of technological maturity on 1,58–1,81 t<sup>ha</sup><sup>-1</sup> with a total yield of beans amounting to 25,41–25,64 t<sup>ha</sup><sup>-1</sup> and the content of crude protein amounting to 16,6–16,7 %.

Регуляторами роста называют физиологически активные вещества биологического происхождения или искусственно синтезированные, которые воздействуют на интенсивность и направленность процессов жизнедеятельности растений. Регуляторы роста позволяют растениям эффективно использовать все то, что запланировано генотипом, однако по ряду причин осталось нереализованным.

На текущий момент обнаружено и в разной степени исследовано более четырех тысяч биологически активных веществ, из которых только около 10 % используются в сельском хозяйстве.