



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ВОЛОКНА В ЕДИНИЧНЫХ СТЕБЛЯХ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

С.Р. Большакова (фото)

к.т.н., с.н.с., заведующая отделом технологии первичной переработки и стандартизации льносырья

Л.Н. Павлова

к.с.-х.н., с.н.с., заместитель директора по научной работе ФГБНУ ВНИИ льна, г. Торжок, Тверская область

Н.Н. Потрахов

д.т.н., заведующий кафедрой электронных приборов и устройств

В.Б. Бессонов

к.т.н., ассистент кафедры электронных приборов и устройств ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. С.-Петербург

Микрофокусная рентгенография, лён-долгунец, оптическая плотность, элементарные волокна

Microfocal radiography, long-stalked flax, optical density, elementary fibres

Рентгенографический метод контроля является практичным благодаря своей простоте и отличному качеству изображения рентгенограмм. Кроме того, снимок является документом, который может храниться долгое время. При необходимости им можно воспользоваться, чтобы сопоставить его с предыдущими и последующими рентгенограммами, т.е. получать информацию в разных проекциях объекта во времени [1, 2]. В биологии растений метод рентгеноскопии семян целенаправленно использовался до 80-х годов XX столетия только для контроля качества семян лесных культур.

В Агрофизическом институте совместно с ЛОЭП «Светлана», начиная с 80-х годов, проводились работы по созданию специализированной аппаратуры для рентгеносъёмки с прямым рентгеновским увеличением семян и зёрен. Оказалось, что рентгенографический метод контроля качества зерна позволяет получить принципиально новую информацию о его внутренних свойствах и, являясь неразрушающим, обеспечивает в совокупности с другими способами более высокий уровень экспертной оценки качества продукции.

Сотрудниками Агрофизического института и ЗАО «Элтех-Мед» были созданы образцы портативной и стационарной рентгенодиагностической аппаратуры с цифровой визуализацией рентгеновских изображений. Это привело к созданию передвижной и мобильной рентгенодиагностической установки, которая получила широкое применение не только в медицинской практике, но и в рентгеноскопии сельскохозяйственных культур [3, 4]. На Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия проводилась работа по адаптации метода микрофокусной рентгенографии применительно к виноградному растению [5].

Целью наших исследований является изучение возможностей использования данного метода в льноводстве. Лён является древ-

нейшей исконно русской сельскохозяйственной культурой, максимально адаптированной к почвенно-климатическим условиям среды. При выведении новых сортов льна-долгунца, наряду с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды, важным показателем является высокое содержание волокна в стебле. В настоящее время этот показатель определяется вручную, для чего осуществляют следующие операции: стебли взвешивают, вымачивают, вручную отделяют волокно от костры, взвешивают и определяют процентное содержание волокна в стеблях. Операции эти длительные и трудоемкие.

С целью повышения точности и объективности отбора перспективных линий с первых этапов селекционного процесса необходим альтернативный способ определения содержания волокна в стебле без разрушения целостности объекта исследования. Из современных методов наиболее объективным, точным и быстрым является метод микрофокусной рентгенографии.

Преимущества данного метода, по сравнению с традиционным, заключаются в следующем:

- сохранение целостности объекта;
- экспрессность и, в большинстве случаев, сравнительная простота;
- высокое качество, возможность наблюдения за динамикой процесса;
- повышение надежности контроля, высокая точность оценки.

Материал и методы исследований

Во ВНИИ льна с использованием наработок Агрофизического института, применяемых для контроля качества зерновых культур, и при технической поддержке ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед» СПбГЭТУ «ЛЭТИ» проведены исследования по изучению возможности применения метода микрофокусной рентгенографии в льноводстве для определения содержания волокна в единичных стеблях льна-долгунца.

Материалом для проведения исследований служили сорта селекции ВНИИЛ (Ленок, Зарянка, А-93), различающиеся по длине вегетационного периода и по комплексу хозяйственно ценных признаков [6].

Сорт Ленок – среднеспелый, обеспечивает получение 7,6 ц/га семян и 19 ц/га льноволокна. Он высоковолокнистый – содержание волокна в технической части стебля составляет 32,4%, устойчив к ржавчине и фузариозному увяданию.

Сорт Зарянка – раннеспелый, обеспечивает получение 7,5 ц/га льносемян и 17,4 ц/га льно-

волокна. Он также высоковолокнистый – содержание льноволокна в технической части стебля составляет 27,5%, высокоустойчив к ржавчине и фузариозу.

Сорт А-93 – среднеспелый, выведен во ВНИИ льна. Содержание волокна в технической части стебля составляет 32,4%. Данный сорт обеспечивает получение 14,1 ц/га семян и 28,9 ц/га волокна, высокоустойчив к ржавчине и фузариозному увяданию.

Для получения рентгенографических снимков отрезков стеблей использовался рентгенодиагностический комплекс ПРДУ - 02 и сканер «Digora» производства ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед».

При анализе рентгенограмм основной показатель – это оптическая плотность изображения. Для анализа оптической плотности рентгенограмм были использованы программы: Digora for Windows, ImageJ со встроенным плагином Interactive 3 D Surface Plot.

Рентгенографические и анатомические показатели, определяющие содержание волокна в единичных стеблях льна-долгунца, сравнивались с показателями, полученными традиционным методом. Обработка данных результатов исследований проводилась с помощью программ Excel, Statgraphics, MathCad.

Результаты исследований

В результате исследований получены рентгенографические изображения отрезков единичных стеблей льна-долгунца. Теневое изображение рентгенограммы имеет неодинаковое затемнение в силу неоднородного строения стебля льна, а именно – наличия рыхлой сердцевинки, которая имеет меньшую плотность, чем окружающая её древесина (рис.1) [5].

При анализе матриц данных установлено, что значения оптической плотности отрезков льна-долгунца сорта Ленок в среднем составляют: тонкостебельного (d - 0,8 ... 1,1) – 87,035; толстостебельного (d - 1,5 и более) – 82,7; древесины – 77,8.

В результате обработки данных рентгенографического и анатомического анализов, а также инструментальной оценки установлено, что корреляционная связь между оптической плотностью отрезков стебля и содержанием волокна составляет 0,75, между оптической плотностью отрезков стебля и количеством элементарных волокон на срезе – 0,73.

На основе проведенных исследований создана база данных, включающая в себя рентгеновские изображения отрезков единичных стеблей

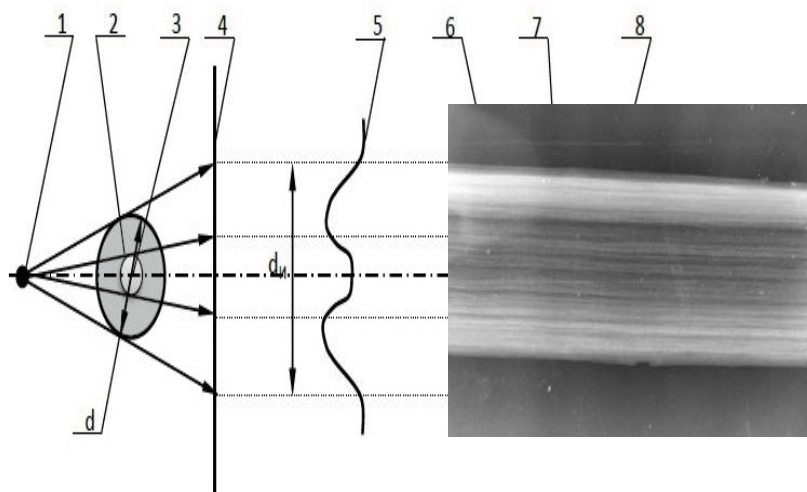


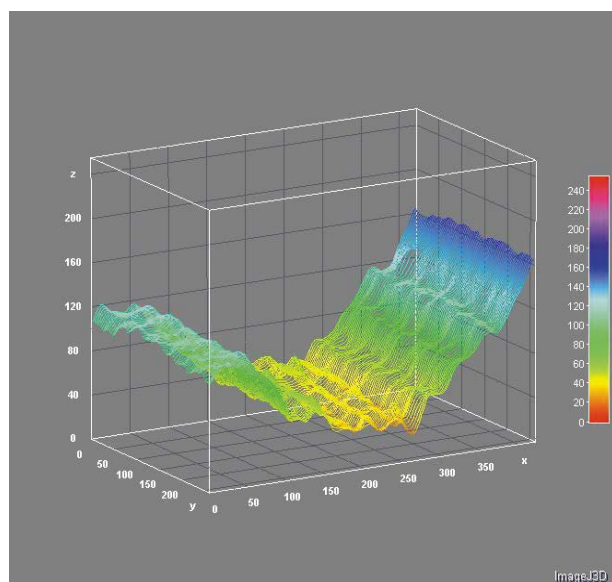
Рисунок 1 – Схема возникновения теневого изображения стебля льна-долгунца
 1 – источник излучения, 2 – объект (стебель), 3 – сердцевина, 4 – плоскость изображения, 5 – распределение потока квантов, d – диаметр объекта, d_i – диаметр изображения.

льна – долгунца, что позволило подобрать наиболее характерные рентгенографические снимки (рис. 2).

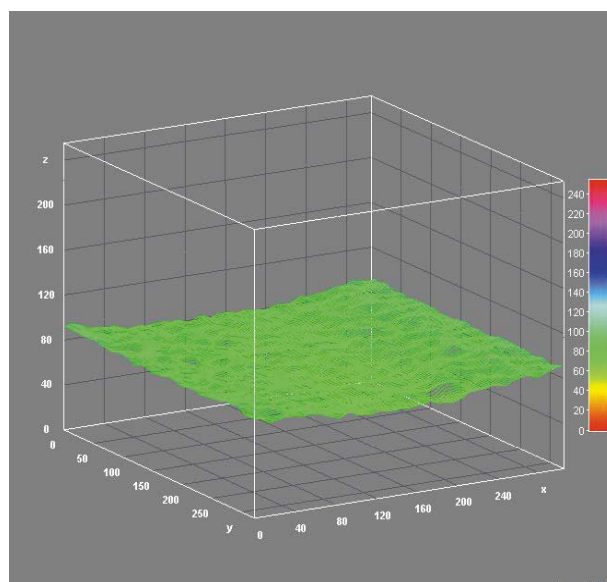
На рисунке 2 а) график представляет собой геометрическую фигуру с выемкой посередине в силу строения стебля. Волнообразный характер

поверхности графика говорит о различном содержании волокна по диаметру стебля.

На рисунке 2 б) представлены результаты анализа оптической плотности рентгенограммы в программе «ImageJ» отрезка стебля льна-долгунца, освобожденного от волокна. При отсут-



а)



б)

Рисунок 2 – График оптической плотности в 3D изображении отрезка стебля льна-долгунца сорта Ленок
 а) отрезок стебля, содержащего волокно; б) отрезок стебля, освобожденного от волокна (древесина).

Использование микрофокусной рентгенографии при определении содержания волокна в единичных стеблях льна-долгунца

вии волокна в стебле поверхность графика практически ровная.

Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что использование микрофокусной рентгенографии для определения содержания волокна в единичных стеблях льна – это инновационное

направление, которое предусматривает исследование внутренних структур стебля без его разрушения. База данных, включающая в себя рентгеновские изображения отрезков единичных стеблей льна – долгунца, может быть использована для разработки программного обеспечения, позволяющего проводить исследование рентгенографических снимков в автоматическом режиме.

Литература

1. Рентгеновские диагностические аппараты [Текст] / под ред. Н.Н. Блинова, Б.И. Леонова. – М.: ВНИИМТ, НПО Экран, 2001. – Т. 1. – 192 с.
2. Хараджа, Ф.Н. Общий курс рентгенотехники [Текст] / Ф.Н. Хараджа. – М.: Энергия, 1966. – 568 с.
3. Архипов, М.В. Микрофокусная рентгенография растений [Текст] / М.В. Архипов, Н.Н. Потрахов. – СПб.: Технолит, 2008. – 194 с.
4. Архипов, М.В. Рентгенография растений при решении задач семеноведения и семеноводства [Текст] / М.В. Архипов, А.М. Демьянчук, Л.П. Гусакова [и др.] // Известия СПбГАУ. – 2010. – № 19. – С. 36–40.
5. Никольский, М.А. Использование метода микрофокусной рентгенографии при определении степени поражения посадочного материала винограда сосудистым некрозом [Электронный ресурс] / М.А. Никольский, А.А. Лукьянова, М.И. Панкин [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России: Тематический сетевой электронный научный журнал СКЗНИИСиВ. – 2014. – № 25(01) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/14/01/13.pdf> (дата обращения 10.07.2015).
6. Шиндин, А.П. Лен. Технологии возделывания и защиты от вредных организмов [Текст] / А.П. Шиндин, Л.Н. Захарова, В.Я. Тихомирова [и др.]. – М.: ООО НПО «РосАгроХим», 2012. – 144 с.

References

1. Rentgenovskie diagnosticheskie apparaty [Tekst] / pod red. N.N. Blinova, B.I. Leonova. – M.: VNIIMT, NPO Jekran, 2001. – T. 1. – 192 s.
2. Haradzha, F.N. Obshhij kurs rentgenotehniki [Tekst] / F.N. Haradzha. – M.: Jenergija, 1966. – 568 s.
3. Arhipov, M.V. Mikrofokusnaja rentgenografija rastenij [Tekst] / M.V. Arhipov, N.N. Potrahov. – SPb.: Tehnolit, 2008. – 194 s.
4. Arhipov, M.V. Rentgenografija rastenij pri reshenii zadach semenovedenija i semenovodstva [Tekst] / M.V. Arhipov, A.M. Dem'janchuk, L.P. Gusakova [i dr.] // Izvestija SPbGAU. – 2010. – № 19. – С. 36–40.
5. Nikol'skij, M.A. Ispol'zovanie metoda mikrofokusnoj rentgenografii pri opredelenii stepeni porazhenija posadochnogo materiala vinograda sosudistym nekrozom [Jelektronnyj resurs] / M.A. Nikol'skij, A.A. Luk'janova, M.I. Pankin [i dr.] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Juga Rossii: Tematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal SKZNIISiV. – 2014. – № 25(01) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/14/01/13.pdf> (data obrashhenija 10.07.2015).
6. Shindin, A.P. Len. Tehnologii vzdelyvanija i zashhity ot vrednyh organizmov [Tekst] / A.P. Shindin, L.N. Zaharova, V.Ja. Tihomirova [i dr.]. – M.: ООО NPO «RosAgroHim», 2012. – 144 s.