

УДК 633.1:581.1:543.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА В ЗЕЛЕННОЙ МАССЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

*В.Н. Безлюдный, К.Г. Шашко, кандидаты биол. наук,
В.В. Холодинский, кандидат с.-х. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию*

(Поступила 03.10.2014 г.)

Аннотация. По спектрам образцов зеленой массы яровых и озимых сортов ячменя, тритикале и пшеницы в ближней инфракрасной области с использованием модифицированного метода наименьших квадратов построены предсказательные модели содержания сухого вещества. Проведена оценка полученных калибровок и результатов их тестирования. Сделан вывод о возможности использования ближней инфракрасной спектроскопии для определения содержания сухого вещества в зеленой массе изученных культур.

Содержание сухого вещества в зеленой массе является одним из показателей, используемых при определении физиологического состояния зерновых культур [1, 2]. От содержания сухого вещества в зеленой массе зависят зимо- и морозостойкость [3], засухоустойчивость [4]. Оценка этого показателя в процессе мониторинга позволяет контролировать процессы развития растений и созревания, оценивать риски, вызванные меняющимися погодными условиями, правильно определять мероприятия, способствующие снижению потерь урожая. Разработанные на основе обширного экспериментального материала, собранного в процессе мониторинга, модели физиологического развития [5] могут эффективно использоваться в сельскохозяйственном производстве.

Традиционно используемый для определения содержания сухого вещества весовой метод трудоемок и поэтому не может обеспечить достаточную оперативность, необходимую при проведении мониторинга физиологического состояния растений из-за своей продолжительности. В то же время в биологической и аграрной науке известны современные методы анализа на основе ближней инфракрасной спектроскопии, все чаще используемые для количественной и качественной характеристики растительного материала [6]. Преимуществом этих ме-

тодов является высокая производительность, скорость определения и малая трудоемкость.

Целью данного исследования было изучение возможности использования ближней инфракрасной спектроскопии при изучении динамики изменения содержания сухого вещества и влажности в зеленой массе зерновых культур.

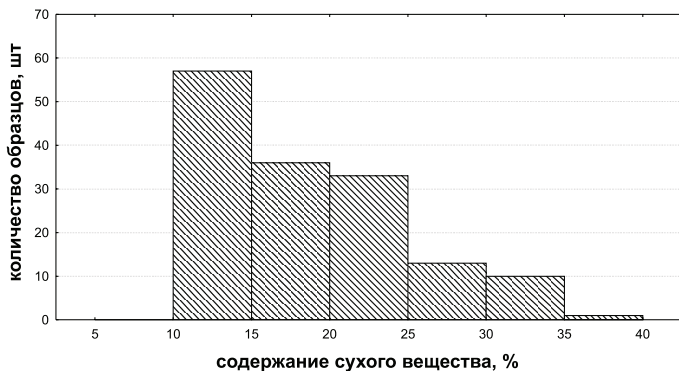
Материал и методика исследований. В качестве материала для исследования использовали образцы озимых и яровых сортов ячменя, тритикале и пшеницы, выращенные в полевых условиях в лаборатории адаптивного растениеводства РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2013-2014 гг.

Отбор растений проводили в период вегетации с периодичностью в 7 дней, начиная от кущения и до колошения. После отбора растения разрезали до размера 1-1,5 см, проводили измерение спектров образцов с использованием сканирующего спектрометра (NIRSystems 5000, США) в диапазоне длин волн 1100-2500 нм и в качестве контроля – определение содержания сухого вещества весовым методом. Образцы, подобранные генератором случайных чисел, использовали в качестве калибровочных. Оставшиеся образцы использовали как независимые при тестировании предсказательных моделей.

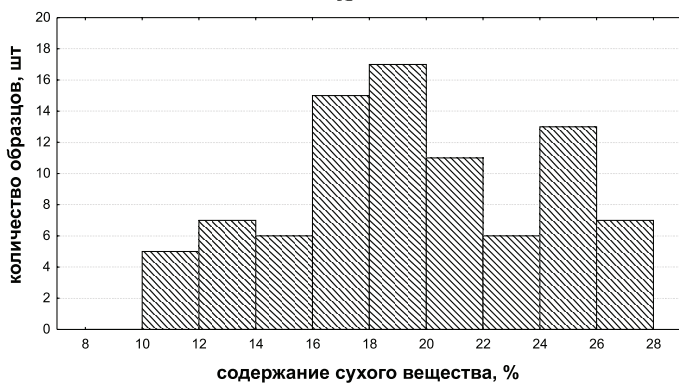
Количество проанализированных образцов, их характеристики и характер распределения по содержанию сухого вещества представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Вариация образцов ячменя, тритикале и пшеницы по содержанию сухого вещества в зеленой массе

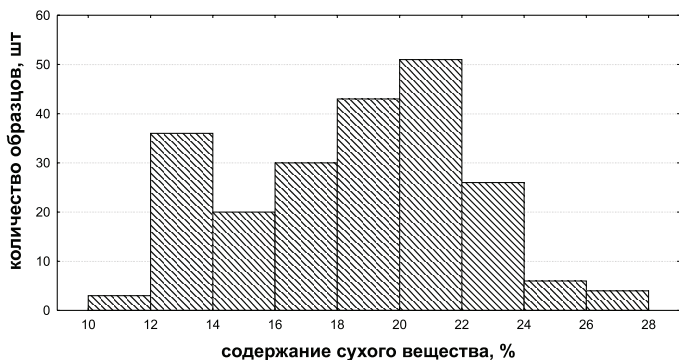
Образец	Диапазон вариации	Среднее	Стандартное отклонение
Ячмень			
Калибровочные (112 шт.)	10,6 – 35,2	18,7	6,11
Независимые (38 шт.)	10,6 – 34,4	18,6	6,15
Всего (150 шт.)	10,6 – 35,2	18,7	6,10
Тритикале			
Калибровочные (64 шт.)	11,5 – 27,8	19,6	4,49
Независимые (23 шт.)	11,6 – 27,5	19,8	4,73
Всего (87 шт.)	11,5 – 27,8	19,6	4,53
Пшеница			
Калибровочные (165 шт.)	11,7 – 27,3	18,4	3,62
Независимые (54 шт.)	11,9 – 27,7	18,9	3,86
Всего (219 шт.)	11,7 – 27,7	18,5	3,68



А



Б



В

Рисунок 1 – Распределение образцов ячменя (А), тритикале (Б) и пшеницы (В) по содержанию сухого вещества в зеленой массе

Обработка спектров осуществлялась с использованием программы WinISI II v.1.02 (InfraSoft, США), входящей в комплект спектрофотометра. Спектры подвергали предварительному преобразованию путем нормирования по среднеквадратичному отклонению с одновременным устранением тренда (SNVD) в сочетании с методами скользящего среднего (бегущего окна) и получения производных различного порядка.

При расчете предсказательных регрессионных моделей использовали модифицированный метод наименьших квадратов. Точность предсказания оценивали по характеристикам калибровочных уравнений (SEC – стандартная ошибка калибровки; R^2 – коэффициент детерминации), показателям перекрестной проверки (SECV – стандартная ошибка перекрестной проверки; 1-VR – коэффициент детерминации при перекрестной проверке), а также по результатам тестирования на спектрах, не использовавшихся в калибровании, на основании стандартной ошибки определения (SEP) и коэффициента детерминации (R^2).

Результаты и их обсуждение. Содержание сухого вещества в исследуемых образцах ячменя, тритикале и пшеницы за период от кущения до колошения варьировало в пределах 10,60-35,16%.

При расчете предсказательных регрессионных моделей при предварительном преобразовании спектров использовали производные различного порядка. Для всех изучаемых культур наиболее оптимальным было использование производной 1-го порядка. Стандартные ошибки калибровки и перекрестной проверки (SEC и SECV) предсказательных моделей сухого вещества в зеленой массе, полученные при использовании этой производной, незначительно различались для образцов тритикале и пшеницы (таблица 2). Более высокие значения этих параметров для образцов ячменя, возможно, связаны с большей их неоднородностью в фазу колошения по сравнению с тритикале и пшеницей.

Таблица 2 – Характеристика предсказательных регрессионных моделей содержания сухого вещества в зеленой массе ячменя, тритикале и пшеницы

Культура	Характеристика предсказательных моделей			
	SEC	R^2	SECV	1-VR
Ячмень	1,07	0,97	1,31	0,96
Тритикале	0,62	0,98	0,82	0,97
Пшеница	0,79	0,95	0,98	0,93

Результаты тестирования полученных калибровок на независимых образцах также незначительно различались для образцов тритикале и пшеницы (SEP=0,99 и 1,06; R^2 =0,96 и 0,93 соответственно). В то же время для образцов ячменя SEP=1,78 при R^2 =0,92.

Сравнительный анализ данных, полученных при определении содержания сухого вещества в зеленой массе методом инфракрасной спектроскопии и весовым методом, выявил высокую степень соответствия полученных результатов (рисунок 2). Максимальное отклонение

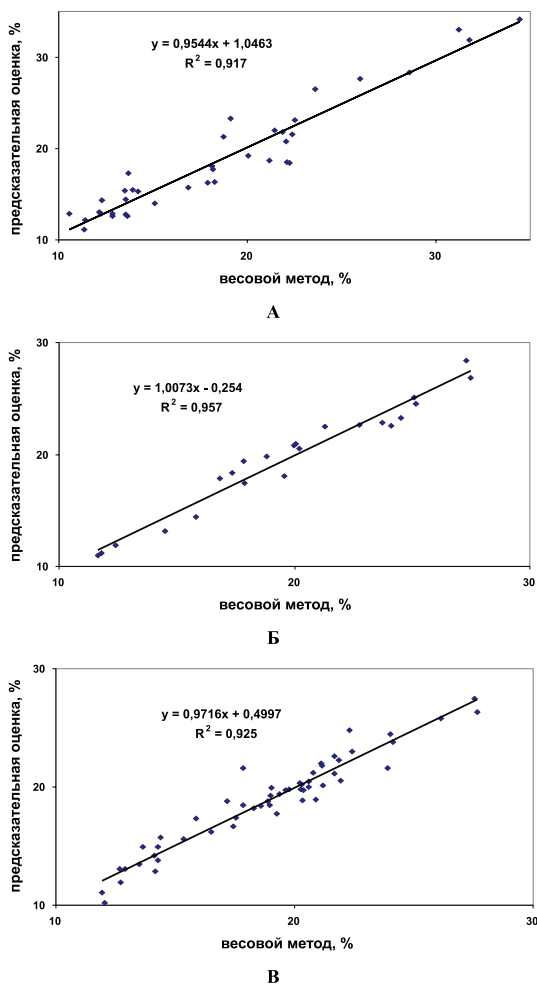


Рисунок 2 – Сравнение результатов определения содержания сухого вещества в зеленой массе ячменя (А), тритикале (Б) и пшеницы (В) весовым методом с предсказательной оценкой на основе ближней инфракрасной спектроскопии

предсказания от результатов весового метода составило 2,5% для образцов ячменя, 1,2% – для образцов тритикале и 1,7% – для образцов пшеницы.

Заключение

Ближняя инфракрасная спектроскопия может использоваться как оперативный и высокопроизводительный метод для определения содержания сухого вещества в зеленой массе зерновых культур за период от кущения до колошения при мониторинге физиологического состояния и развития растений, а так же при определении динамики формирования урожайности. Проведение анализа сразу после отбора образцов позволит избежать процедур высушивания и взвешивания, предусмотренных весовым методом, и, таким образом, значительно сократит время проведения анализа.

Литература

1. Зерновые культуры /Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУ Аинформ, 2000. – 421 с.
2. *McMullan, P.M.* Dry matter and nitrogen accumulation and redistribution and their relationship to grain yield and grain protein in oats / P.M. McMullan, P.B.E. McVetty, A.A. Urquhart // *Can. J. Plant Sci.* – 1988. – 68. – P. 983-993.
3. *Ковтун, И.И.* Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии / И.И. Ковтун [и др.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 288 с.
4. *Hanson, A.D.* Woda: adaptacja roślin uprawnych do warunków suszy / A.D. Hanson, C. ENelsen // *Biologia Plonowania.* – Warszawa: Rolnicze i Leśne, 1985. – P. 79-150.
5. *Hunt L.A.* CROPSIM-WHEAT: A model describing the growth and development of wheat / L.A. Hunt, S. Pararajasingham // *Can. J. plant Sci.* – 1995. – 75. – P. 619-632.
6. *Крищенко, В.П.* Ближняя инфракрасная спектроскопия / В.П. Крищенко. – М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. – 640 с.

DETERMINATION OF DRY MATTER CONTENT IN PLANTS OF CEREAL CROPS USING NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

V.N. Bezliudny, K.G. Shashko, V.V. Kholodinsky

The predictive models of dry matter content in plants of cereal crops are designed by near infrared spectra using the modified partial least square method. On the basis of calibration characteristics and the results of their

testing, the following conclusion can be made: the near infrared spectroscopy can be used for the determination of dry matter content in plants of cereal crops.

УДК 577.12:633.15

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ОБЩИХ ЛИПИДОВ В ЗЕРНЕ КУКУРУЗЫ В ПЕРИОД ЕГО СОЗРЕВАНИЯ

В.В. Федак¹, О.В. Мамчур², кандидат с.-х. наук,
И.Ф. Ривис¹, доктор с.-х. наук

¹Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН Украины

²Львовский национальный университет имени Ивана Франко

(Поступила 15.09.2014 г.)

Аннотация. В зерне кукурузы в период его созревания постепенно увеличивался уровень насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот общих липидов. Установлено, что содержание жирных кислот в зерне в процессе его созревания повышалось как под влиянием минеральных удобрений, так и при обработке растений кукурузы регулятором роста зеастимулин.

Введение. Рост и развитие растительного организма детерминированы значительным числом факторов экзо- и эндогенного характера. К основным внешним воздействиям, определяющим направление и интенсивность метаболизма, причисляют уровень почвенного питания и водоснабжения растений, интенсивность солнечной радиации, действие экзогенных физиологически активных веществ, в частности, регуляторов роста растений [2, 3, 7]. Влияние последних является определяющим для оптимального развития растений в критические периоды онтогенеза, такие как интенсивный рост зеленой массы, формирование генеративных органов. Попадая в растение, физиологически активные вещества сразу включаются в обмен веществ, активизируют биохимические процессы, что приводит к росту продуктивности, повышению качества продукции, формированию устойчивости к болезням и неблагоприятным условиям среды [1, 6, 9].

Липиды и продукты их метаболизма выполняют в растительном организме множество функций. Особое внимание уделяют их роли в процессах формирования устойчивости растений к стрессовым факторам