

Таблица 4 – Экономическая эффективность получения сенажа при 4-укосном использовании (с учетом полевых потерь)

Травостой бобово-злаковый	Получено ОЭ с кормом, ГДж	Расчетный выход мотыла, кг	Стоимость мотыла, уе.	Всего затрат, уе.	Доход, уе.	Рентабельность, %
С клевером ползучим	107,0	4280	1347,4	1055,0	292,4	27,7
С клевером ползучим и гибридным	114,9	4596	1446,9	1069,0	377,9	35,4
С клевером ползучим и овсяницей тростниковой	114,8	4593	1445,8	1102,7	343,1	31,1
С клевером ползучим и люцерной	121,1	4843	1524,6	1083,6	441,0	40,7

Выводы

1. При переходе от пастбищного использования бобово-злаковых травостоев (6 стравливаниях) к укосному (4 укоса) отмечена тенденция увеличения содержания в фитоценозе клевера ползучего, клевера гибридного и люцерны посевой (4,3-8,6 п.п.).

2. При переходе от пастбищного использования трав к укосному при внесении $P_{40}K_{90}$ по N_{30} перед 2-4 укосом максимальное увеличение урожайности отмечено у бобово-злаковых травостоев с клевером ползучим и гибридным (на 18,1%), с клевером ползучим и люцерной посевой (на 15,8%).

3. Бобово-злаковые травостои с клевером ползучим, клевером гибридным или люцерной посевой обеспечили продуктивность 7-8 т/га к.ед., сбор сырого протеина – 1,2-1,8 т/га, содержание ОЭ – 110-130 ГДж при 4-укосном использовании и внесении $N_{90-135}P_{40}K_{90}$.

4. Травостои 4-го года жизни с клевером гибридным или люцерной обеспечили более высокий доход, чем травостои с клевером ползучим и гибридным, и рентабельность производства корма составила 35,4-40,7%.

Литература

1. Забавина, Ю. Эксперты нашли потенциал роста экономики России в сельском хозяйстве / Ю. Забавина // РБК: экономика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://top.rbc.ru/economics/27/11/2014/5476ec85cbb20f1b2eab96e2#xtor=AL-\[internal_traffic\]--\[rss.rbc.ru\]-\[top_stories\]](http://top.rbc.ru/economics/27/11/2014/5476ec85cbb20f1b2eab96e2#xtor=AL-[internal_traffic]--[rss.rbc.ru]-[top_stories]). – Дата доступа: 25.02.2015.
2. Наставления по технологическому сопровождению животноводства: от старых стереотипов к новым знаниям! / Н.А. Попков [и др.] / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2010. – 493 с.
3. Благовещенский, Г.В. Производство объемистых кормов в изменяющемся мире / Г.В. Благовещенский, В.Н. Кутровский // Кормопроизводство. – 2011. – №5. – С. 3-5.

USE OF MEADOW SWARDS AT MOVING OF CATTLE TO HOMOGENEOUS FEEDING A.L. Biryukovich, T.L. Gonakova

The increase of white clover, Swedish clover and alfalfa share in phytocenosis was registered at the moving of cattle to homogeneous feeding and from pasturable use of swards to cutting. It has

been revealed that the application of additional N_{30} before the 2nd-4th cuts increased sward yield by 15.8-18.1% as compared to the treatments with the application of only phosphorus and potassium fertilizers. The obtained plant raw material met with the requirements of high quality hay and silage preparation in terms of livestock quality parameters. The four-year swards with Swedish clover and alfalfa gave a higher income than the swards with white and Swedish clover. The profitability of forage production was 35.4-40.7% in terms of livestock products.

УДК 633:577.112:51.544

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО АЗОТА 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 13.03.2015 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 и искусственных нейронных сетей построены предсказательные модели содержания общего азота. Проведена оценка полученных калибровок и результатов их тестирования. Сделан вывод о возможности использования ближней инфракрасной спектроскопии для определения содержания общего азота в зеленой массе изучаемых культур.

Введение. Определение содержания общего азота в вегетирующих растениях является одним из элементов диагностики состояния посевов зерновых культур. Многочисленными исследованиями установлены оптимальные и критические уровни содержания азота в растениях в зависимости от культуры, фазы роста и развития, планируемой урожайности и качества продукции [1, 2].

Потребление азота растениями продолжается в течение всего периода роста и развития растений до окончания налива зерна. В фазе кущения потребление азота составляет 20%, в период выхода в трубку – колошения – 50-55%, цветения – начала восковой спелости – 5-10% от максимального количества потребляемого азота [3]. Максимальное содержание азота в растениях приходится на период от всходов до кущения, снижаясь к фазе колошения [3, 4]. Оптимальные для получения продовольственного зерна уровни содержания азота в растениях варьируют от не менее 3,5% в фазу кущения до не менее 1,45% в фазу цветения в пересчете на абсолютно сухое вещество [1].

Результаты анализа содержания общего азота являются основой для определения мероприятий по уходу за посевами, целесообразности, количества, сроков и способов азотных подкормок, а также для прогноза развития растений и формирования урожая [5, 6]. Традиционно используемый для определения содержания общего азота химический метод [7] трудоемок и малопроизводителен.

лен, поэтому не может обеспечить достаточную оперативность, необходимую при проведении мониторинга состояния растений из-за своей продолжительности. В то же время в биологической и аграрной науке известны современные методы анализа на основе ближней инфракрасной спектроскопии [8], все чаще используемые для количественной и качественной характеристики растительного материала. Преимуществом этих методов является высокая производительность, скорость определения и малая трудоемкость.

Целью данного исследования было изучение возможности использования ближней инфракрасной спектроскопии при изучении динамики изменения азота 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 отделе адаптивной интенсификации технологий возделывания зерновых культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2013-2014 гг.

Отборы растений проводили в период вегетации с периодичностью в 7 дней, начиная от кущения и до колошения. После отбора проб растения измельчали 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 рассчитывали их влажность по ранее разработанной предсказательной регрессионной модели [9]. Затем образцы высушивали, размалывали и определяли в них содержание общего азота в пересчете на абсолютно сухое вещество с использованием метода ближней инфракрасной спектроскопии [10]. На основании полученных результатов рассчитывали содержание азота в сырых образцах. В дальнейшем в качестве характеристики образцов для расчета предсказательных моделей использовали величину содержания общего азота в пересчете на естественную влажность.

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 общего азота представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Вариация образцов по содержанию общего азота в зеленой массе зерновых культур, %

Образцы	Общий азот		
	диапазон вариации	среднее	стандартное отклонение
Калибровочные (212 шт.)	0,26-0,77	0,45	0,10
Независимые (70 шт.)	0,25-0,75	0,44	0,09
Всего (282 шт.)	0,25-0,77	0,45	0,10

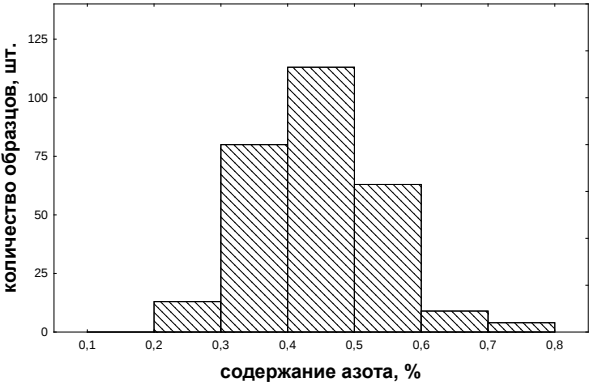


Рисунок 1 – Распределение образцов по содержанию общего азота в зеленой массе зерновых культур

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.

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 исследований и их обсуждение. Содержание общего азота в растениях изменяется в широких пределах в зависимости от уровня питания, фазы развития растений, биологических особенностей культуры и сорта [3, 4]. В исследуемых образцах ячменя, тритикале и пшеницы величина этого показателя варьировала от 0,26 до 0,77% в пересчете на естественную влажность, снижаясь от максимальных значений в фазу кущения до фазы колошения.

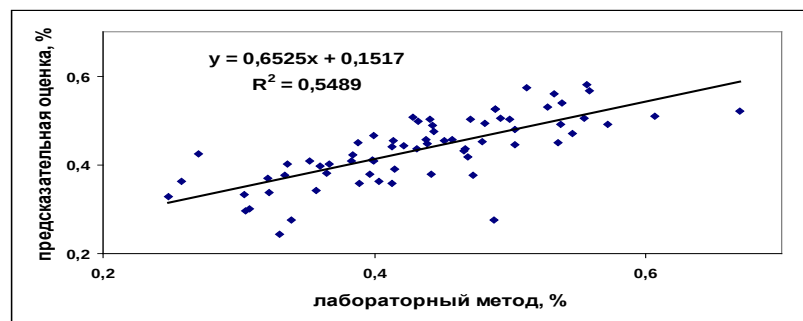
При расчете предсказательных моделей были использованы модифицированный метод наименьших квадратов и метод искусственных нейронных сетей. Для всех изучаемых моделей наиболее оптимальным было использование производной 2-го порядка. При этом параметры полученных предсказательных моделей свидетельствуют о незначительном преимуществе использования в качестве метода расчета искусственной нейронной сети (таблица 2).

Результаты тестирования полученных калибровок на независимых образцах также показали более высокую точность предсказания содержания общего

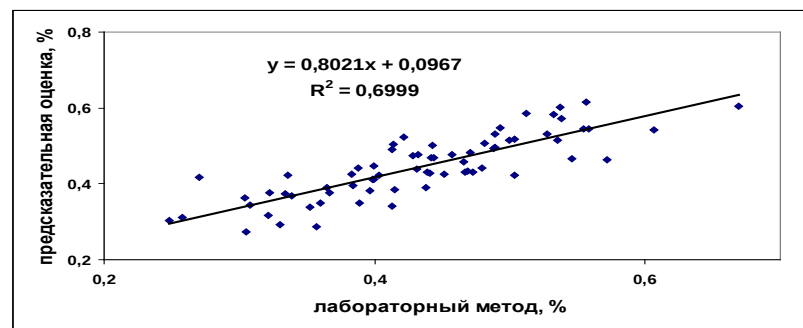
Таблица 2 – Характеристика предсказательных моделей содержания общего азота в зеленой массе зерновых культур

Вид модели	Характеристика предсказательных моделей			
	SEC	R ²	SECV	1-VR
Регрессионная	0,050	0,65	0,055	0,61
Искусственная нейронная сеть	0,048	0,74	0,048	0,76

азота в зеленой массе растений при использовании метода искусственной нейронной сети: для регрессионной модели стандартная ошибка определения SEP составила 0,059, коэффициент детерминации – $R^2 = 0,55$; для искусственной нейронной сети – SEP = 0,049 при $R^2 = 0,70$. Сравнительный анализ предсказательных моделей, полученных с использованием различных методов расчета, представлен на рисунке 2.



регрессионная модель



искусственная нейронная сеть

Рисунок 2 – Сравнение результатов определения содержания общего азота в зеленой массе зерновых культур лабораторным методом с предсказательной оценкой на основе ближней инфракрасной спектроскопии

Непременным условием объективной оценки обеспеченности растений азотом является достаточная точность проведения анализа. Максимальное отклонение результатов предсказания содержания общего азота в растениях зерновых культур при использовании модели на основе искусственных нейронных сетей от результатов лабораторного метода составило 0,08% общего азота в пересчете на естественную влажность или 0,4-0,5% в пересчете на абсолютно сухое вещество. Таким образом, точность предсказания позволяет использовать ближнюю инфракрасную спектроскопию для предварительной оценки состояния растений зерновых культур в целях определения целесообразности и дозы азотных подкормок.

Заключение

Ближняя инфракрасная спектроскопия может использоваться как оперативный и высокопроизводительный метод для определения содержания общего азота в зеленой массе зерновых культур в период от кущения до колошения при мониторинге физиологического состояния и развития растений, а также для характеристики динамики формирования урожайности. Проведение анализа сразу после отбора образцов позволит избежать процедур высушивания, размола и химического определения предусмотренными существующими лабораторными методами, и, таким образом, значительно сократит время проведения анализа.

Литература

1. Пасынкова, Е.Н. Содержание сахаров и общего азота в яровой пшенице по фазам вегетации как диагностические показатели функционального состояния растений / Е.Н. Пасынкова, А.А. Завалин, А.В. Пасынков // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №1. – С. 8-11.
2. McMullan, P.M. Drymatter and nitrogen accumulation and redistribution and their relationship to grain yield and grain protein in wheat / P.M. McMullan, P.B.E. McVerry, A.A. Andurquhart // Can. J. Plan Sci. – 1988. – V. 68. – С. 311-322.
3. Назаренко, Л.В. Факторы внешней среды, их влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур длинного дня на примере пшеницы / Л.В. Назаренко // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/91.pdf>. – Дата доступа: 10.03.2015.
4. Господаренко, Г.М. Динаміка вмісту азоту в рослинах жита озимого та коефіцієнт його використання з добрив / Г.М. Господаренко, М.М. Пташник // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2014. – №1. – С. 21-25.
5. Теоретические и практические основы проведения азотной подкормки посевов озимой пшеницы применительно к условиям 2008 года [Электронный ресурс] / Еврохим Агросеть – 2008. – Режим доступа: http://www.eurochem.ru/wp-content/uploads/2010/10/20080411123213_9247.pdf. – Дата доступа: 10.03.2015.
6. Пасынкова, Е.Н. Агрохимические приемы регулирования урожайности и качества зерна пшеницы: автореф. дис. ... доктора биол. наук: 06.01.04 / Е.Н. Пасынкова; Всерос. НИИ агрохимии. – М., 2014. – 50 с.
7. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4-93. – Введ. 01.01.95. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 17 с.

8. Крищенко, В.П. Ближняя инфракрасная спектроскопия / В.П. Крищенко – М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. – 640 с.

9. Безлюдный, В.Н. Определение сухого вещества в зеленой массе зерновых культур с использованием ближней инфракрасной спектроскопии / В.Н. Безлюдный, К.Г. Шашко, В.В. Холодинский // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – Вып. 50. – С. 256-262.

10. Безлюдный, В.Н. Оценка содержания азота, фосфора и калия в растениях зерновых культур на основе спектральных характеристик в ближней инфракрасной области / В.Н. Безлюдный, А.И. Бардашевич, О.А. Кожедуб // Научные приоритеты инновационного развития отрасли растениеводства: результаты и перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Жодино, 23-24 июня 2011 г. / НАН Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – Жодино, 2011. – С. 103-105.

**DETERMINATION OF NITROGEN CONTENT IN PLANTS OF CEREAL CROPS USING
NEAR INFRARED SPECTROSCOPY**

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

Predictive models of nitrogen content in plants of cereal crops are designed by near infrared spectra using the modified partial least square and artificial neural networks methods. 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 nitrogen content in plants of cereal crops.

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО