



УКРАЇНА

U A „о 13299 „,,, С1

(505 G 01 J 3/42)

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ БЕЗДЕГРАДАЦІЙНОГО ЕКСПРЕС-ВИЗНАЧЕННЯ АЗОТУ В ЛИСТКАХ ЗЛАКІВ

1

(20)95320612, 15.09.93

(21) 4760541/SU

(22)22.11.89

(24)28.02.97

(46)28.02.97. Бюл.

(56) 1. Починок Х.Н. Методы
анализа растений биохимического Киев,
1976, с. 333.2. Hoffmann F., Zimmernan R., Gleichmann L,
Reflexion von Planzerbostanden und
Stickstoffversorgung - Arch. Acker Lanzenbau
Bodenk. 1986 30, 1, 5- 10.(72) Шадчина Тамара Михайлівна, Кочубей
Світлана Михайлівна(73) Інститут фізіології рослин і генетики АН
України (UA)(57) Способ бездеградационного экспрес-
с-определения азота в листьях злаков, заклю-
чающийся в том, что получают спектраль-
ную характеристику отражения листьев и
определяют общее содержание азота по
уравнению линейной регрессии, отличаю-
щийся тем, что измеряют спектр отраже-

ния листьев в диапазоне длин волн 670-750
нм, вычисляют первую производную от пол-
ученной зависимости, получают спектраль-
ную характеристику в пиде отношения
амплитуд максимумов значений этой произ-
водной и определяют общее содержание
азота по уравнению:

K,

где N - содержание общего азота в листьях,
выраженное в % от массы абсолютно сухого
вещества;

I₂ - амплитуда максимума на зависимо-
сти первой производной от спектра отраже-
ния листьев при 720 - 725 нм;

I₁ - амплитуда максимума на зависимо-
сти первой производной от спектра отраже-
ния листьев в области 700 - 710 нм;

A - коэффициент регрессии, общий для
уравнений всех стадий вегетации;

K - свободный член уравнения регрес-
сии, который выбирают, исходя из стадии
вегетации

Ю

Изобретение относится к сельскому хо-
зяйству, в частности распознаванию уровня
обеспеченности культурных растений азот-
ным питанием, и может быть использовано в
колхозах, совхозах для получения экспрес-
с-информации о состоянии растений оценки
степени созревания с целью уточнения сро-
ков уборки урожая или принятия решений о
проведении дополнительной подкормки

Известен химический способ определе-
ния содержания общего азота в растениях [1]
Согласно способу навеску органического

материала сжигают в колбе Кьельдаля с по-
мощью серной кислоты и ограниченного ко-
личества хлорной кислоты в присутствии
катализатора иолибдата натрия. Азот затем
определяют хлораминным методом. Недо-
статком этого способа является его трудо-
емкость, громоздкость, необходимость
работы с многочисленными растворами,
приготовленными на безаммиачной воде
необходимость раооты с концентрирован-
ной серной кислотой, что требует выполне-
ния специальных правил техники

О

ной сорной кислотой, что требует выполнения специальных правил техники безопасности, и его длительность (около 10 ч).

Перечисленные выше недостатки устраняет наиболее близкий по технической сущности X заявляемому изобретению способ определения общего азота в листьях озимой пшеницы по величине коэффициента отражения при $\lambda = 550 \text{ нм}$ с помощью уравнения регрессии: $N = 6,56 - 0,1765 \cdot p_{550}$, где N - величина содержания общего азота, выраженная в процентах от абсолютно сухого вещества, p_{550} - величина коэффициента отражения листьев на длине волны $\lambda = 550 \text{ нм}$, выраженная в процентах, $6,56$ и $0,1765$ - коэффициенты [2]. Согласно способу-прототипу отбирают листья для анализа, регистрируют величину коэффициента отражения при $\lambda = 650 \text{ нм}$ и содержание азота определяют, подставляя значения p_{550} в уравнение регрессии.

Недостатком этого способа является то, что уравнение является неработоспособным при определении содержания азота на ранних фазах развития растений (кущение, выход в трубку).

Целью заявляемого изобретения являются повышение точности способа бездеградационного экспресс-определения содержания общего азота в листьях озимой пшеницы за счет возможности определения азота в течение всего периода вегетации растений, а также дистанционного определения этого параметра.

Поставленная цель достигается тем, что согласно предлагаемому изобретению, используют величину, представляющую собой отношение амплитуд максимумов 1-ой производной от спектров отражения листьев, на основании которой по уравнению регрессии, с помощью набора коэффициентов, работоспособным для той или иной фазы, определяется возможность определения содержания азота в листьях растений на любой фазе развития озимой пшеницы в весенне-летний период - от кущения до восковой спелости зерна: $N = 3,176 \cdot \frac{h}{U} + K$, где N - содержание общего азота в листьях растений озимой пшеницы, выраженное в процентах по отношению к массе абсолютно сухого вещества, h/U - отношение амплитуд второго и первого максимумов первой производной спектров отражения, $3,176$ - коэффициент уравнения регрессии, K - свободный член уравнения регрессии, равный:

2,10 - для фазы кущения,

1,35 - выхода в трубку,

0,55 - колошения - молочко-восковой и восковой спелости.

Величина отношения амплитуд максимумов первой производной от спектров отражения является относительной и, следовательно, не требует при измерении спектров использования эталонов. Информационной основой в данном случае является не абсолютная величина сигнала, а форма кривой. Выраженная количественно, эта характеристика спектра более устойчива к условиям освещенности, что открывает возможность использования данного способа и к дистанционным измерениям.

Методика получения уравнения регрессии.

Отбирали растения озимой пшеницы с различной обеспеченностью их азотным питанием. Измеряли спектры отражения листьев на спектрофотометре СФ-18 по стандартной методике. Вычисляли первую производную от функции спектрального распределения коэффициентов отражения в диапазоне длин волн 670-750 нм, по формуле, описанной в работе Гулиева Ф.А., Коробкова М.Е., Кочубей С.М., "Применение методов производной спектроскопии для исследования тонкой структуры спектров флуоресценции фрагментов хлоропластов" (Журнал прикладной спектроскопии, т. 28, вып. 4, с. 646-651, 1977). Полученное спектральное распределение величин первой производной характеризуется в области 670-750 нм наличием трех максимумов (черт. 1). Вычисляли отношение амплитуд первых двух максимумов I_2/I_1 {где I_2 - амплитуда максимума в области 720-725 нм, I_1 - при 700-710 нм}. Определяли содержание общего азота в листьях химическим методом. Представляли графически значения I_2/I_1 в зависимости от величины содержания общего азота в листьях. Полученные таким образом поля точек для каждой фазы вегетации хорошо аппроксимировались линейными функциями типа $Y = AX + B$. Коэффициенты корреляции были не меньше 0,9 при уровне значимости 0,05.

Коэффициенты уравнения регрессии вычисляли по формулам:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \bar{X}^2} \quad B = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - n \bar{Y}}{n}$$

где Y_i - N_i - величина содержания общего азота в листьях для i -го члена выборки;

X_i - значение I_2/I_1 для 1-ого члена выборки;
 n - число измерений, равное объему выборки;
 L - коэффициент регрессии; B - свободный член уравнения регрессии.

Различия в полученных уравнениях регрессии для различных фаз касались лишь величины свободного члена.

Таким образом, уравнение регрессии для определения содержания азота для всех фаз развития можно выразить в общем виде:

$$N = 3,176 \cdot I_2/h + K.$$

где K равен 2,10 о фазу кущения, 1,35 - в фазу выход в трубку и 0,55 - и фазу от колошения до восковой спелости зерна.

Сущность изобретения поясняется конкретными примерами осуществления.

Пример 1. Объект-озимая пшеница. Сорт Полесская-70. Фаза развития - кущение.

Измеряли спектральное распределение коэффициентов отражения на спектрофотометре СФ-18. Получали первые производные от этих спектров в диапазоне длин волн 670-750 нм. Вычисляли величины отношения амплитуд максимумов I_g/h . Полученные значения подставляли в уравнение регрессии с соответствующими для данной фазы развития растений свободным членом и рассчитывали величину содержания общего азота в растениях, выраженную в процентах от абсолютно сухого вещества в растениях.

Средняя величина отношения максимумов первой производной от кривой спектра отражения $I_g/I_i = 0.91$, $K = 2.10$.

$$N = 3,176 \cdot I_2/I_1 + 2.10 = 4,90\%.$$

Пример 2. Фаза вегетации - выход в трубку. $K = 1,35$.

$$+ 1.35 - 4.56 (\%).$$

Пример 3. Фаза вегетации - восковая спелость. $K = 0,55$.

$$I_z/h \ll 0,45; N = 3.176 \cdot 0.45 + 0,55 = 1,98 (\%).$$

Из приведенных в табл. 1 сравнительных данных определения содержания общего азота в листьях озимой пшеницы по предложенному способу, способу-прототипу и химическому способу видно, что с по-

мощью предлагаемого способа возможно определять содержание азота в листьях озимой пшеницы в течение всего периода вегетации растений. Абсолютная ошибка не превышала 0,5%. В тоже время способ-прототип оказывается вообще неработоспособным в начальные фазы развития - кущение, выход в трубку, где относительная ошибка определения составляла 20-50%.

Поскольку значение первой производной не зависит от величин ординат исследуемых функций, а определяется только скоростью ее приращения, то, очевидно, что графики функций, представляющие собой первые производные от кривых спектров отражения и спектров коэффициентов яркости, получаемых дистанционно для одного и того же образца в данном диапазоне длин волн, будут совпадать. Это открывает возможность использования уравнения, полученного нами в лабораторных условиях, для данных, измеренных в дистанционных экспериментах.

Действительно, как показали наши исследования, предлагаемое нами уравнение регрессии может быть использовано для данных, полученных при дистанционных измерениях.

Пример 4. Записывали спектральное распределение отраженного от посева света (СКЯ), измеренное с помощью спектрометра МСС-2 с борта вертолета Ка-26. Площадь захвата при этом составляла 6 * 100 м. Получали первые производные от кривых. Вычисляли величины отношения амплитуд максимумов I_g/h . Полученные значения подставляли в уравнение регрессии с соответствующим для данной фазы развития растений свободным членом K и рассчитывали величину содержания общего азота в растениях, выраженное в процентах от абсолютно сухого вещества растений.

Фаза вегетации растений озимой пшеницы - колошение.

Средняя величина отношения максимумов первой производной от кривой спектрального распределения отраженного от посева света ($I_g/h = 1.08$). Вычисляем по уравнению регрессии $N = 3,176 \cdot 1.08 - 0,55 = 3,93\%$.

В табл. 2 приведены сравнительные данные по определению содержания общего азота по предложенному способу, способу-прототипу и химическому способу, на основании результатов, полученных при дистанционных измерениях коэффициентов спектральной яркости.

Как следует из приведенных в табл. 2 данных, предлагаемый способ хорошо "работает" и для дистанционной оценки содержания азота в листьях озимой пшеницы, тогда

как по способу-прототипу такая оценка практически невозможна, что объясняется высокой зависимостью абсолютных величин коэффициентов отражения от условий съемки (например угла визирования), освещенности, спектрального состава света. Предлагаемый способ не требует использования эталона. Это упрощает процедуру дистанционных измерений и является еще одним положительным моментом о пользе эффективности использования предлагаемого способа для дистанционного определения содержания азота. Таким образом, по сравнению с прототипом, предлагаемый способ имеет следующие преимущества:

- позволяет определять содержание общего азота в листьях в течение всего периода вегетации озимой пшеницы;
- может быть использован для дистанционного определения содержания общего азота.
- По сравнению с базовым способом химическим определением общего азота предлагаемый способ позволяет:
 - 10 - проводить экспрессную оценку содержания общего азота в листьях растений (1 час по сравнению с 10 часами);
 - определять содержание в небольшом количестве материала (в одном листе);
 - 15 - способ является безгрядочным.

Таблица V

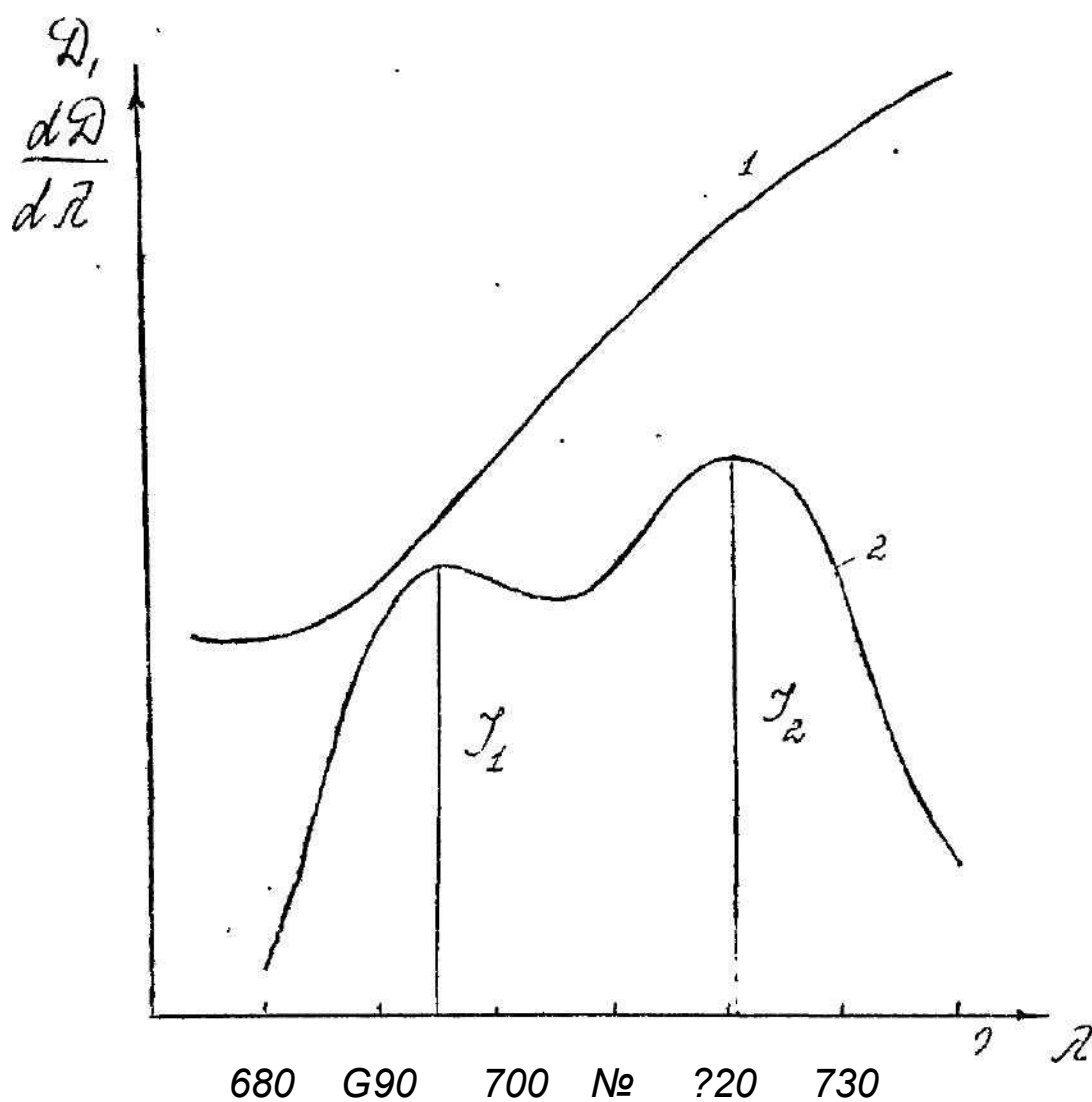
Сравнительные данные определения содержания общего азота в листьях озимой пшеницы по предложенному способу, способу-прототипу и химическому способу

N- образца, п/п	Фаза развития	Химический способ	Способ прототипа			Предлагаемый способ		
		Содерж. азота в % от абсол. сух. в-ва (А)	Коэффициент отражения при λ=550 нм (0.550.%) 1	Содерж. зота в % от абсол сух. в-ва - (О	А-В	Отношение макс 1-ой производи- тельной (Iг/Iи)	Содержание общ азота в % от абс сух. в-ва	Л-В
Полоса 1*1								
1 2 *)	Кушние	5.25	22	2,68	2.57	0.91	4,98	0.27
	Трубка в аме	4.64	20	3.00	1.64	1.01	4.56	0.08
	Воск. спелость	1.64	25	2,24	0.50	0,45	1.93	0,32

Таблица 2

Сравнительные данные по определению содержания общего азота химическим способом, предложенному способу и способу-прототипу по данным дистанционно измеренных спектров коэффициентов яркости

N-образца, п/п	Фаза развития	Химический способ	Способ прототипа			Предлагаемый способ		
		Содерж. азота в % от абс. сух. в-ва (А)	Коэффициент отражения при $\lambda = 550$ нм (0.550.%) 1	Содерж. азота в % от абс. сух. в-ва (В)	А-В	Отношение макс. 1-ой производной (I/I ₀)	Содерж. общ. азота в % от абс. сух. в-ва (В)	А-В
1 2	Колошение	3.88	25.2	1.9	1.98	1.09	4.01	0.13
3	Нос, спелость	4.10	26.4	2.11	2.06	1.19	4.13	0.17
4		4.11	16.106	3.14	0.37	1.22	4.42	0.31
		1.80		4.69	2.83	0.50	2.32	0.46



Спектр отражения листьев озимой пшеницы (1) и его первая производная (2) в диапазоне длин волн 670-740 нм.

Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор Н. Король

Замовлення 4108

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655. ГСП, КиТв-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

