

(*Ricinus communis* L.) enhanced with EDTA, NTA, and citric acid application/A.L. Bursztyn Fuentes, C. José, A. de los Ríos, L. I. do Carmo, A. F. de Iorio & A. E. Rendina//International Journal of Phytoremediation. – 2018. – Vol.20. – С.1354-1361.

4. Chen, T.Enhanced *Scirpus triqueter* phytoremediation of pyrene and lead co-contaminated soil with alkyl polyglucoside and nitrilotriacetic acid combined application/T. Chen, X. Liu,X. Zhang,Y. Hou,X.Chen,K.Tao// Journal of Soils and Sediments. – 2016. – Vol.16. – С.2090–2096.

5. Shakoor, M.B.Citric acid improves lead (pb) phytoextraction in *Brassica napus* L. by mitigating pb-induced morphological and biochemical damages/ M.B. Shakoor, S. Ali, A. Hameed, M. Farid, S. Hussain, T. Yasmeen, N. Ullah, S.A. Bharwana, G.H.Abbasi// Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2014. – Vol.109. – С. 38–47.

6. Song,J.Exogenous Oxalic Acid and Citric Acid Improve Lead (Pb) Tolerance of *Larix Olgensis* A. Henry Seedlings/J.Song,D. Markewitz, S.Wu, Y.Sang,C.Duan, X.Cui// Forests. – 2018. Vol.9. – 15 с.

7. Zaheer, I.Citric acid assisted phytoremediation of copper by *Brassica napus* L./ I. Zaheer,S.Ali,M.Rizwan,M. Farid,M.B. Shakoor,R.A. Gill,U. Najeeb,N. Iqbal, R .Ahmad// Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2015. Vol.120. – С.310 –317.

УДК: 633.11:574.24

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРТАТИВНЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ SCOPTALKER ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

*Потапова Владислава Андреевна, студент 2 курса магистратуры института мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, potapova@timstud.ru*

*Научный руководитель: Морев Дмитрий Владимирович, к.б.н., доцент кафедры экологии института мелиорации, водного хозяйства и строительства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, dmorev@rgau-msha.ru*

**Аннотация:** изучена возможность применения портативных спектрометров ScorpTalker (СТ) для определения концентрации пигментов в листьях яровой пшеницы через их спектральные характеристики поглощения и отражения в условиях искусственного освещения, и как следствие диагностика состояния посевов яровой пшеницы.

**Ключевые слова:** спектрометрия, пигменты зерновых культур, хлорофилл, пшеница, IoT, агроэкологический мониторинг состояния посевов.

Одной из актуальных задач в современном агроэкологическом мониторинге служит разработка методов экспресс-диагностики состояния посевов сельскохозяйственных культур. Содержание пигментов в листьях растений отражает их состояние в зависимости от условий среды и может служить интегральным показателем [3].

Целью данной работы служило изучение возможностей внедрения портативных спектрометров CropTalker в агроэкологический мониторинг состояния посевов яровой пшеницы в условиях экологического стационара РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, а также возможность диагностики изменений пигментного состава в листьях яровой пшеницы при смене фенофаз. Экологический стационар расположен в черте города Москвы и занимает площадь до 7 га пашни. Основные почвы представлены трансформированными дерново-подзолистыми с разной степенью окультуренности [1,4]. Культура предшественник – горчица белая. Прибор позволяет анализировать спектральный диапазон отраженного и поглощенного излучений, который формируется благодаря пигментному составу в листьях пшеницы [2,3].

Замеры отражения и поглощения света листьями проводили в 12-ти длинах волн 450-860 нм в условиях искусственного освещения. Были получены данные по отражению и поглощению света листьями яровой пшеницы с 12ти делянок с дозами азотных удобрений (0 кг/га, 50 кг/га, 75 кг/га, 100 кг/га) в трех фенофазах (цветение, молочная и восковая спелость) [5,6]. Концентрация пигментов рассчитывалась посредством данных спектрофотометрии в длинах волн: 470 нм, 646,8 нм и 663,2 нм, общий азот растений определяли посредством данных спектрофотометрии в 655нм с разложением в микроволновой системе пробоподготовки.

Последующая статистическая обработка включала в себя многофакторный дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализы.

В таблице представлены полученные в результате корреляционного анализа (методом Спирмена) значения коэффициентов (для выборки объемом 36, значимым коэффициентом корреляции при  $\alpha=0,05$  считается 0,33).

*Таблица*

**Значимые коэффициенты корреляции Спирмена для показаний поглощения и отражения в 12ти длинах волн, концентраций пигментов и содержания общего азота в растении (жирным – значимые коэффициенты)**

Спектральная характеристика	Хл. a	Хл. b	Каротиноиды	Общий азот растений
abs_550	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,81</b>	0,25
abs_570	<b>0,59</b>	<b>0,59</b>	<b>0,58</b>	0,23
abs_610	<b>-0,48</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,43</b>	<b>-0,38</b>
abs_650	<b>-0,69</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,65</b>	<b>0,51</b>
abs_680	<b>-0,58</b>	<b>-0,58</b>	<b>-0,56</b>	-0,32
abs_730	<b>0,82</b>	<b>0,82</b>	<b>0,83</b>	<b>0,50</b>
abs_760	<b>0,86</b>	<b>0,85</b>	<b>0,86</b>	<b>0,48</b>
abs_810	<b>0,53</b>	<b>0,51</b>	<b>0,55</b>	0,31

abs_860	<b>0,44</b>	<b>0,42</b>	<b>0,46</b>	0,20
ref_450	<b>0,54</b>	<b>0,54</b>	<b>0,55</b>	<b>0,59</b>
ref_500	<b>0,42</b>	<b>0,43</b>	<b>0,42</b>	<b>0,44</b>
ref_550	<b>0,47</b>	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	0,30
ref_570	<b>0,58</b>	<b>0,57</b>	<b>0,58</b>	<b>0,33</b>
ref_610	<b>-0,67</b>	<b>-0,68</b>	<b>-0,66</b>	<b>0,42</b>
ref_650	<b>-0,79</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,80</b>	0,27
ref_680	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	0,27	-0,18
ref_730	<b>0,84</b>	<b>0,84</b>	<b>0,83</b>	<b>-0,45</b>
ref_760	<b>0,91</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>	<b>-0,35</b>
ref_810	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>	<b>0,74</b>	0,31
ref_860	<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>0,58</b>	<b>0,55</b>
Общий азот растений	,59	,61	0,54	1,00

Для построения регрессионной модели использовали параметры со значимыми коэффициентами корреляции. В результате регрессионного анализа были получены следующие зависимости для поглощенного и отраженного излучения:

Хлорофилл а:

$$Ch_{a\_abs}[\text{мг/г}] = 5,93 - 314,87A_{730} + 639,75A_{760} - 20,38A_{650} \quad R^2 = 0,83$$

$$Ch_{a\_ref}[\text{мг/г}] = 15,53 - 96,74R_{610} - 18,735R_{650} + 241,69R_{730} - 2,67R_{860} \quad R^2 = 0,89$$

Хлорофилл b:

$$Ch_{b\_abs}[\text{мг/г}] = 2,33 - 118,06A_{730} + 230,93A_{760} - 6,98A_{650} \quad R^2 = 0,82;$$

$$Ch_{b\_ref}[\text{мг/г}] = 3,51 - 33,88R_{610} + 157,55R_{730} - 5,86R_{860} \quad R^2 = 0,85;$$

Для содержания каротиноидов и показаний СТ достоверных зависимостей выявлено не было ( $R^2 = 0,46$ ) как и для показателей содержания общего азота растений и содержания пигментов ( $R^2 = 0,38$ ).

Таким образом, наилучшие модели зависимостей были получены для содержания хлорофилла а, b и показаний прибора при измерении отраженного излучения в длинах волн 610, 650, 730 и 860 нм.

Многофакторный дисперсионный анализ показал, что оцениваемые значения достоверно отличаются для разных фенофаз ( $p = 0,00$ ), но в среднем равны независимо от доз азотных удобрений ( $p = 0,42$ ). На рисунке 1 показаны графики изменения показаний СТ в 550 нм в зависимости от фенофазы.



**Рисунок 1 – а): показания СТ+ (отражение в 860 нм) в зависимости от фенофазы; б): содержание хлорофилла а в зависимости от фенофазы.**

В результате проведенных исследований была установлена принципиальная возможность настройки прибора для определения концентрации хлорофилла а и б в листьях растений пшеницы яровой ( $R^2$  до 0,89) и учета наступления фенологических фаз ( $p = 0,00$ ).

#### **Библиографический список:**

1. Оценка воздействия городской инфраструктуры и строительства на биоту / Е. Б. Таллер, М. В. Тихонова, А. В. Бузылев [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «ДПК Пресс», 2021. – 102 с. – ISBN 978-5-91976-215-7.
2. Применение системы ИОТ мониторинга для оценки ФАР / И. А. Серегин, Н. А. Александров, А. В. Степанов, А. М. Ярославцев // Аграрная наука - 2022 : материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 1003-1006.
3. Табунщик В. А., Чекмарёва Т. М., Горбунов Р. В. Спектральные характеристики некоторых сельскохозяйственных культур в различные фенологические фазы вегетации // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2019. № 152. С. 56–70.
4. Экологическая оценка качественных характеристик газонных травостоев на урбанизированных дерново-подзолистых почвах в условиях экологического стационара РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева / Н. А. Александров, В. К. Гвоздь, Т. М. Джанчаров, А. В. Степанов // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 3(51). – DOI 10.51419/202123312.

5. Tomelleri E. [и др.]. Toward a Unified TreeTalker Data Curation Process // Forests. 2022. № 6 (13). С. 855.

6. Бузылев, А. В. Агроэкологическая оптимизация технологии выращивания ярового ячменя в условиях Пензенской области с применением СППР / А. В. Бузылев, М. В. Тихонова, И. И. Васенев // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № 4(46). – DOI 10.51419/20214422. – EDN ПVNEA.

УДК 574; 504.75:556; 771.12 (470-25)

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В БОЛЬШОМ САДОВОМ ПРУДУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ**

*Рамадан Рита, аспирант кафедры экологии ФГБОУ-ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, ritaramadan1991@gmail.com*

*Научный руководитель: Васенев Иван Иванович, д.б.н., профессор заведующий кафедры экологии ФГБОУ-ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, vasenev@rgau-msha.ru*

*Консультант: Таллер Евгений Борисович, доцент кафедры экологии ФГБОУ-ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, etallereb@mail.ru*

*Аннотация* Для оценки качества воды в Большом садовом пруду ЦАО г. Москвы использовались индекс сапробности по методу Р. Пантле и Г. Букка в модификации М.В.Чертопруда в летний периоды 2021 и 2022 г.

*Ключевые слова:* Водоемы, качество воды, биоиндикации макрозообентоса, сапробности, загрязнения.

Малые водоемы или пруды являются неотъемлемой частью и имеют важное значение для городов и поселений. Эти малые типы водных экосистем оказывают значительное влияние на экологические процессы [1]. Методы биоиндикации занимают одно из важнейших мест среди методов анализа экологического состояния водных объектов [2]. Биоиндикация – комплексная оценка интенсивности и последствий длительного загрязнения водоёмов, основанная на способности отдельных видов обитателей водоёмов (индикаторных организмов) показывать своим развитием и существованием в воде ее степень загрязнения [3].

### **Объекты и методы исследования**

Большой Садовый пруд – один из крупных и социально значимых водоёмов Москвы. Расположен в Тимирязевском районе Северного административного округа, на территории парка РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Его площадь составляет 19 га, средняя глубина – 2 метра. Пруд имеет неправильную форму, его основная часть шириной 110– 170 м вытянута на 850 метров по реке Жабенке. В северной части ширина пруда достигает 320 метров. На восточном берегу находится плотина, укрепленная железобетонными плитами. Питание пруда осуществляется за счет воды,