

**ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА  
В ПОБЕГАХ ПШЕНИЦЫ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЖЕЛЕЗА**

*Е.А. Осипова<sup>1\*</sup>, С.В. Лебедев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13

<sup>2</sup> ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»,  
460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29

\*e-mail: kudryavceva.elen@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Целью настоящего исследования явилось определение содержания хлорофилла в побегах пшеницы, произрастающих под действием различных форм железа ( $\text{Fe}^0$  ( $80 \pm 5$  нм),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (ширина 50–80 нм, высота 4–10 нм),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ). Экстракцию пигментов проводили 96%-ным этиловым спиртом на 7-й день, концентрацию хлорофиллов рассчитывали по уравнениям Вернона. Максимальный синтез хлорофилла *a* и *b* был характерен для ионных форм железа в концентрации  $1 \cdot 10^{-3}$  г/л, наночастиц железа  $1 \cdot 10^{-4}$  г/л и магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  при концентрации  $1 \cdot 10^{-6}$  г/л. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в надземной части пшеницы на 7-й день соответствует норме при использовании наночастиц железа  $\text{Fe}^0$  и ионных форм двухвалентного железа в виде сульфата  $\text{FeSO}_4$ . По мере увеличения концентрации наночастиц магнетита повышается концентрация хлорофилла *a*, а при достижении максимальной концентрации до  $1 \cdot 10^{-3}$  г/л увеличивается количество хлорофилла *b*, на фоне уменьшения соотношения *a/b*. Таким образом, наночастицы железа  $\text{Fe}^0$  и водный раствор сульфата железа (II) способствуют формированию фотосинтетического аппарата с интенсивным фотосинтезом.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пшеница, наночастицы, железо, магнетит, сульфат железа, хлорофилл.

**VARIATION IN THE CONTENT OF CHLOROPHYLL IN WHEAT  
UNDER THE INFLUENCE OF VARIOUS FORMS OF IRON**

*E.A. Osipova<sup>1\*</sup>, S.V. Lebedev<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Orenburg State University, 13, Pobedy ave, Orenburg, Russia, 460018

<sup>2</sup> FSSI "Federal Research Center of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences",  
29, 9 January St., Orenburg, Russia, 460000

\*e-mail: kudryavceva.elen@mail.ru

**ABSTRACT.** The purpose of this study was to determine the content of chlorophyll in wheat scions growing under the influence of various forms of iron ( $\text{Fe}^0$  ( $80 \pm 5$  nm),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (width 50–80 nm, height 4–10 nm),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ). The pigments were extracted using 96% ethyl alcohol on day 7; the chlorophyll concentration was calculated using the Vernon equations. The maximum synthesis of chlorophyll *a* and *b* was typical for iron ionic forms at a concentration by  $1 \cdot 10^{-3}$  g/l and iron nanoparticles at a concentration by  $1 \cdot 10^{-4}$  g/l, and  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  magnetite at a concentration of  $1 \cdot 10^{-6}$  g/l. The ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* in the terrestrial part of wheat on day 7 corresponds to the norm using iron nanoparticles  $\text{Fe}^0$  and ferrous iron ions in the form of  $\text{FeSO}_4$ . As the concentration of magnetite nanoparticles increases, the concentration of chlorophyll *a* increases, and when the maximum concentration amount  $\cdot 10^{-3}$  g/l, the amount of chlorophyll *b* rise, while the *a/b* ratio decreases. In such a way, iron  $\text{Fe}^0$  nanoparticles and an aqueous solution of iron (II) sulfate contribute to the formation of a photosynthetic apparatus with intensive photosynthesis.

**KEYWORDS:** wheat, nanoparticles, iron, magnetite, iron sulfate, chlorophyll.

**ВВЕДЕНИЕ**

Дефицит железа приводит к хлорозу листьев, которое снижает продуктивность культурных растений и ведет к их гибели. Внесение в почву соединений железа не приводит к ожидаемому эффекту, что связано с быстрым его переходом в окисленную, недоступную для растений форму. Для решения данной проблемы возможно использование наночастиц, что требует тщательного изучения.

---

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Семена растения *Triticum vulgare Vill.*, выращивали в водной среде с различной концентрацией наночастиц железа  $Fe^0$  и магнетита  $Fe_3O_4$  в сравнении с воздействием водных растворов  $FeSO_4$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ . Концентрацию хлорофиллов рассчитывали по уравнениям Вернона после экстракции 96%-ным этиловым спиртом.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Excel общепринятыми методами вариационной статистики.

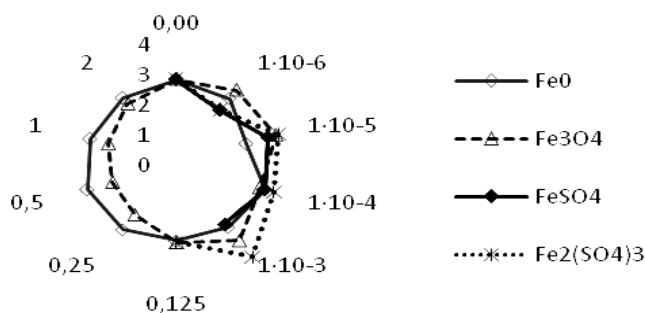


Рисунок. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в надземной части пшеницы

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На 7-й день количество хлорофиллов *a* и *b* во всех опытах увеличивается относительно контроля, так как железо входит в состав ферментов, ускоряющих реакции синтеза хлорофилла. О степени сформированности фотосинтетического аппарата судили по отношению хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*, в норме этот показатель должен находится в интервале от 2,2 до 3,0 (Титова, 2010) (рисунок).

## ВЫВОДЫ

Наночастицы железа  $Fe^0$  и водный раствор сульфата железа (II) способствуют формированию фотосинтетического аппарата с интенсивным фотосинтезом.

### Список литературы / References

1. Титова М.С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea Abies* и *Picea koraiensis*. Вестник ОГУ. 2010; 1: 9–12. [Titova M.S. Content of photosynthetic pigments in needles of *Picea Abies* and *Picea Koraiensis*. VESTNIK OSU. 2010; 12: 9–12. (in Russ.)].
-