

УДК 581.13

**ВИРЫЧ П.А.**, інженер I категорії,

e-mail: sphaenodon@ukr.net

**ВЕДМЕДЕНКО Г.Й.**, ведучий інженер,

**ШВАРТАУ В.В.**, член-кореспондент НАН України, доктор біол. наук,

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

## ВЛИЯНИЕ ТРИНЕКСАПАК-ЭТИЛА НА СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ И АНИОНОВ В ЛИСТЬЯХ ПШЕНИЦЫ (*Triticum aestivum* L.)

*Показано, что производное класса циклогександионов тринексапак-этил (ТЕ) способствует увеличению содержания хлорофилла а во флаговых листьях пшеницы, способствуя повышению интенсивности фотосинтеза. Наблюдается уменьшение пула свободных форм основных неорганических анионов, что возможно является свидетельством их активного усвоения клетками листа.*

**Ключевые слова:** пшеница, тринексапак-этил, хлорофилл, анионы

**Введение.** Технологии выращивания зерновых злаков предусматривают использование минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста и других веществ, которые позволяют раскрыть потенциал растений и защитить их от вредных влияний, а также от неблагоприятных факторов окружающей среды [1]. Особого внимания заслуживают производные класса циклогександионов, среди которых найдены и широко используются в растениеводстве граминициды и ретарданты [2, 3]. Среди гербицидов можно отметить ингибиторы ацетил-КоА-карбоксилазы, которые эффективно контролируют широкий спектр однолетних одно- и многолетних видов сорняков. Они вызывают быстрое ингибирование роста с дальнейшим некрозом меристем. В классе циклогександионов найден и ретардант ТЕ, сайтом действия которого является 20-оксидаза гиббереллиновой кислоты (ГК). В результате ингибируется синтез активных форм ГК из предшественников – подавляется линейный рост растения, стебель утолщается, что особенно важно для злаков, которые чувствительны к полеганию [4].

Важным показателем состояния растения является содержание пигментов в активно фотосинтезирующих тканях. На содержание пигментов влияют многочисленные факторы и, особенно, доступные для растений формы азота и фосфора – основных макроэлементов, которые необходимы для синтеза хлорофилла [5].

*Целью исследований* было изучить влияние ТЕ на количество хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов в листьях пшеницы, а также на количество фосфатов и нитратов в свободной форме.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследований была пшеница-двуручка (*Triticum aestivum* L.) сорта Зимоярка селекции ИФРГ НАН Украины. Опыты проводили в Опытном сельскохозяйственном производстве Института физиологии растений и генетики НАН Украины в 2011-2013 гг. Приведены данные 2013 года. Обработка растений осуществлялась по следующей схеме: 0,4 и 0,6 л/га с интервалом в 5 дней, 0,4 + 0,2 л/га – дополнительная обработка осуществлялась через 5 дней после первой.

Для определения количества пигментов 50 мг измельченных флаговых листьев погружали в 10 мл ДМСО квалификации хч. Экстракцию проводили на водяной бане (60°C) до полного обесцвечивания растительного материала. Определение проводили на спектрофотометре СФ-26 при длине волн 480, 649 и 665 нм. Расчёты осуществляли по формулам:

$$C_a = 12,19 \times A_{665} - 3,45 \times A_{649};$$

$$C_b = 21,99 \times A_{649} - 5,32 \times A_{665};$$

$$C_{\text{carot}} = (1000 \times A_{480} - 2,14 \times C_a - 70,16 \times C_b) / 220,$$

где  $C_{a,b,\text{carot}}$  – концентрации хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов соответственно;

*A* – показатели спектрофотометра при соответствующих длинах волн.

Для определения количества основных неорганических анионов 50 мг сухих гомогенизированных листьев растворяли в 15 мл ультрачистой воды (Scholar-UV Nex Up 1000, Human Corporation, Korea) и экстрагировали на водяной бане (100 °С) на протяжении 10 мин, экстракт сливали и проводили такую процедуру еще трижды. Общее количество воды – 50 мл (разведение 1:1000). Полученный раствор фильтровали (0,45 мкм). В аликвоте определяли содержание анионов с помощью ионного хроматографа IC PRO 881 Metrohm (Швейцария) с кондуктометрическим детектором (диапазон 0-15 000 мкСм/см) и колонкой Metrosep A Supp 5 250x4,0 мм, элюент – карбонатный буфер 3,2 мМ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 1 мМ NaHCO<sub>3</sub> (реактивы Merck, Германия). Первичную обработку результатов осуществляли с помощью программы Magic Net IC v. 1.1 Metrohm (Швейцария), статистическую – Microsoft Excel 2010. Перерасчет осуществляли на грам сухого вещества. Опыты повторяли трижды, каждый вариант имел не менее пяти аналитических повторностей.

**Результаты исследований.** При обработке растений ТЕ в дозе 0,4 л/га наблюдается достоверное увеличение количества хлорофилла *a* на 23 % по сравнению с контролем, а каротиноидов – на 20 % (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание пигментов во флаговых листьях пшеницы сорта Зимоярка**

Вариант	Хлорофилл <i>a</i> (мг/мл)	Хлорофилл <i>b</i> (мг/мл)	Каротиноиды (мг/мл)
Контроль	17,06±0,85	3,18±0,16	4,58±0,23
Моддус 0,4 + 0,2 (1)*	21,94±0,76	2,96±0,17	5,66±0,19
Моддус 0,4 + 0,2 (2)	15,85±0,76	3,199±0,14	3,96±0,21
Моддус 0,4 (1)	22,33±0,82	3,73±0,18	5,56±0,23
Моддус 0,4 (2)	17,47±0,78	3,22±0,15	4,71±0,22
Моддус 0,6 (1)	18,89±0,87	2,53±0,13	4,92±0,20
Моддус 0,6 (2)	17,87±0,9	3,05±0,16	4,46±0,22

**Примечание:** \* – обработка: 1 – 25.05.13, 2 – 30.05.13.

ТЕ в средних дозах способствует увеличению фотосинтетической активности листьев, и как результат – повышению эффективности синтеза органических веществ.

Детектирование изменений содержания основных свободных неорганических анионов свидетельствует, что количество хлоридов уменьшается во всех вариантах обработки вплоть до 30% от контроля, как и нитратов – до 14% от контроля. Количество ортофосфатов значительно возрастает при обработке ТЕ 0,4 и 0,6 л/га, но при разделении дозы их содержание уменьшается в 1,5 раза. Содержание сульфатов в листьях при обработке ТЕ уменьшается на 15-20% (таблица 2).

Таблица 2

**Содержание основных свободных неорганических анионов во флаговых листьях растений пшеницы сорта Зимоярка**

Вариант	Хлорид, г/кг	Нитрат, г/кг	Ортофосфат, г/кг	Сульфат, г/кг
Контроль	4,24±0,21	5,6±0,28	3,57±0,18	4,57±0,23
Моддус 0,4 л/га (1)	4,45±0,22	5,34±0,26	3,35±0,17	3,05±0,15
Моддус 0,4 л/га (2)	4,93±0,25	2,23±0,11	4,69±0,23	2,72±0,14
Моддус 0,6 л/га (1)	1,35±0,07	3,37±0,17	2,25±0,11	0,82±0,04
Моддус 0,6 л/га (2)	2,88±0,14	2,84±0,14	5,46±0,27	3,77±0,19
Моддус 0,4 + 0,2 л/га (1)	2,98±0,15	1,28±0,06	2,3±0,11	1,17±0,06
Моддус 0,4 + 0,2 л/га (2)	2,03±0,1	0,78±0,03	2,03±0,1	1,55±0,08

**Примечание:** \* – обработка: 1 – 25.05.13, 2 – 30.05.13.

Так как мы наблюдаем общую тенденцию к снижению содержания анионов в тканях листьев, можно предположить, что эти элементы активно включаются в состав органических молекул и поэтому их ионный пул быстро снижается. Это подтверждается и повышением уровня содержания пигментов, в том числе хлорофилла *a*. Снижение пула анионов может вызываться и модуляцией активности транспортеров вышеуказанных анионов. Известно, что их активность контролируется двумя факторами: содержанием самих анионов по принципу обратной связи и рядом малых гормоноподобных молекул, которые входят в состав сигнальных путей гиббереллинов и ауксинов [1, 6-9]. Их пропускная способность уменьшается по мере падения содержания фитогормонов в тканях, так как замедляется рост клеток и снижается потребность в строительном материале.

**Выводы.** Тринексапак-этил способствует увеличению количества хлорофилла *a* во флаговых листьях пшеницы. Также отмечено уменьшение содержания неорганических анионов в свободной форме, что может свидетельствовать об активации метаболических процессов синтеза органического вещества при применении производного циклогександионов – тринексапак-этила.

#### Список использованных литературных источников

1. Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. / H. Marschner. – London: Academic Press, 1995. – 889 pp.
2. Швартау В.В. Гербициды. Фізіологічні основи регуляції фітотоксичності / В.В. Швартау, Л.М. Михальська. – Київ: Логос, 2013. – Т. 1. – 392 с.
3. Швартау В.В. Гербициды. Фізико-хімічні та біологічні властивості / В.В. Швартау, Л.М. Михальська. – Київ: Логос, 2013. – Т. 2. – 906 с.
4. Fagerness M.J. <sup>14</sup>C-trinexapac-ethyl absorption and translocation in Kentucky bluegrass / M.J. Fagerness, D. Penner // Crop Science. – 1998. – V.38. – P. 1023-1027.
5. Эффективность поглощения и утилизации азота у высокоурожайных сортов озимой пшеницы украинской селекции / [В.В. Моргун, Т.М. Шадчина, В.В. Дмитриева, Г.А. Прядкина] // Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наукових праць. – К.: Логос, 2008. – Т. 5. – С. 124-131.
6. Gojon A. Nitrate tranceptor(s) in plants / A. Gojon, G. Krouk, Perrine- F. Walker, E. Laugier // Journal of Experimental Botany. – 2011. – V. 62. – № 7. – P. 2299-2308.
7. Hawkesford M.J. Transporter gene families in plants: the sulphate transporter gene family P redundancy or specialization? / M.J. Hawkesford // Physiol. Plant. – 2003. – № 117. – P. 155-163.
8. Leustek T. Sulfate transport and assimilation in plants. / T. Leustek, K. Saito // Plant Physiol. – 1999. – № 120. – P. 637-643.
9. Phosphate transport in plants / [F.W. Smith, S.R. Mudge, A.L. Rae, D. Glassop] // Plant and Soil. – 2003. – № 248. – P. 71-83.

#### Анотація

**Вірич П.А., Ведмеденко Г.Й., Швартау В.В.**

**Вплив тринексапак-етилу на вміст пігментів та аніонів у прапорцевих листках пшениці (*Triticum aestivum* L.).**

Встановлено, що тринексапак-етил (ТЕ) сприяє збільшенню вмісту хлорофілу *a* в прапорцевих листках пшениці, сприяючи підвищенню інтенсивності фотосинтезу. Спостерігається зменшення пулу основних неорганічних аніонів, що, можливо, є свідченням їх активного засвоєння клітинами листка.

**Ключові слова:** пшениця, тринексапак-етил, хлорофіл, аніони