

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 582.675.5: 661.162.65/66
<https://doi.org/10.33989/2414-9810.2019.5.1.195123>

С.В. ПОЛИВАНИЙ

Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського
 вул. Острозького, 32, Вінниця, 21100, Україна
stepan.polivaniy@ukr.net
 ORCID 0000-0001-8457-8894

ПОТУЖНІСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ТА НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ *PARAVER SOMNIFERUM* L. ЗА ДІЇ ТРЕПТОЛЕМУ

З позицій концепції донорно-акцепторних відносин проаналізовано результати вивчення впливу стимулятора росту трептолему на морфологічні особливості та продукційний процес рослин маку олійного. Встановлено, що обробка рослин маку олійного цим препаратом призводила до підвищення росту, посилення галуження стебла, збільшення кількості, маси, площі листків на рослині та тривалості їх життя. Такі зміни можуть сприяти подовженню синтезу і накопиченню асимілятів та мати позитивний вплив на урожайність культури.

Використання стимулятора росту призводило до потовщення основної асиміляційної тканини листка хлоренхіми внаслідок розростання її клітин. Відсутня чітка диференціація асиміляційної паренхіми (хлоренхіми) на стовпчасту та губчасту у рослин маку олійного. Покращення мезоструктурних показників листків та збільшення вмісту хлорофілів за дії трептолему призводило до збільшення чистої продуктивності фотосинтезу.

Застосування трептолему зумовлює формування більш потужного фотосинтетичного апарату і збільшення «затитту» на асиміляції процесами картогенезу внаслідок посиленого галуження стебла та формування більшої кількості коробочок на рослині. Результатом такої корекції донорно-акцепторних відносин в рослині є підвищення насіннєвої продуктивності культури. Застосування препарату призводить до позитивних змін у структурі урожаю – збільшення числа плодів на рослині, кількості насіння у коробочках, маси самого насіння. Це стиряло зростанню продуктивності рослин маку олійного і відповідно у варіанті із застосуванням трептолему урожайність становить – $*10,15 \pm 0,26$ (ц/га), проти контролю, де продуктивність склала $-8,37 \pm 0,25$ (ц/га).

Ключові слова: мак олійний (*Paraver somniferum*), регулятори росту рослин, трептолем, чиста продуктивність фотосинтезу, морфогенез.

Вступ. Застосування синтетичних регуляторів росту різного фізіологічного напрямку дії з метою регуляції морфогенезу та оптимізації продукційного процесу є важливим сучасним напрямом фітофізіології. З точки зору фізіології рослин, зміна інтенсивності росту за дії фізіологічно-активних сполук дозволяє моделювати різну активність донорної (джерело) та акцепторної (стік) сфер рослини, корегувати формування і функціонування цих відносин на різних етапах онтогенезу (Poprotska and Kuryata, 2017). Пізнання шляхів і механізмів функціонування та регуляції активності донорно-акцепторної системи, зокрема шляхом штучного перерозподілу асимілятів до господарсько важливих органів (плодів, коренеплодів, інших органів запасу) під впливом фітогормонів та різних класів синтетичних регуляторів росту відкриває нові можливості для оптимізації продуктивності рослин, з'ясування фізіологічних механізмів, через які відбувається перерозподіл потоків асимілятів між органами рослини (Wang et al., 2016). Ефекту перерозподілу потоків асимілятів до господарсько важливих органів можна досягти через морфологічні зміни – формування потужної листкової поверхні, ефективної мезоструктури, прискорення темпів формування фотосинтетичного апарату і подовження тривалості життя листків, як основного донору асимілятів (Шадчина та ін., 2006).

Серед сучасних препаратів важливе значення відіграють нові регулятори росту, зокрема стимулятор росту трептолем, який є вдалим поєднанням синтетичних (комплекс N-оксид 2,6-диметилпіридин з бурштиновою кислотою – 50г/л) й природних регуляторів росту (фітогормон ауксинової, цитокінінової природи Емістим С – 1,0г/л), а також амінокислот, вуглеводів та мікроелементів. Препарат рекомендований для застосування на олійних культурах - соняшнику, озимому та ярому ріпаку (Пономаренко, 1999).

В зв'язку з цим, метою нашої роботи було встановити можливість використання трептолему як фактору регуляції морфогенезу та донорно-акцепторних відносин рослин маку олійного з метою оптимізації насіннєвої продуктивності культури.

Матеріал та методи. Досліди проводили на рослинах рекомендованого для зон Лісостепу, Степу та Поділля України маку олійного сорту Беркут у 2012-2014 рр. в умовах Вінницької області. Площі ділянок - 10м², повторність дослідів п'ятикратна, ділянки розміщені рендомізовано. Рослини одноразово обробляли вранці у фазу бутонізації водним розчином трептолему концентрацією 0,035 мл/л до повного змочування листків за допомогою ранцевого обприскувача ОП-2, контрольні рослини - водопрорідною водою.

Фітометричні показники (висоту рослин, площу листків, масу сухої та сирої речовини листків) визначали на 20 рослинах кожні 10 днів у кожен фазу розвитку. Площу листків визначали ваговим методом (Казаков, 2000). Визначення вмісту хлорофілів проводили у свіжому матеріалі

спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ-18 (Гавриленко, 1975). Мезоструктурну організацію листка дослідних рослин вивчали на фіксованому матеріалі. Для його консервації застосовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1%-го формаліну. Визначення розмірів клітин і окремих тканин здійснювали за допомогою окулярного мікроскопа МОВ-1-15х. Для цього використовували часткову мацерацію тканин листка. Як мацераційний агент було обрано 5%-й розчин оцтової кислоти в 2 моль/л соляної кислоти (Кур'ята, 1998).

У фазу плодоношення визначали чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), листковий індекс (ЛІ) як площу всіх листків на одиницю поверхні ґрунту, хлорофільний індекс (ХІ) як добуток площі листків рослини і вмісту сумарного хлорофілу в них (Прядкіна, 2011).

Результати досліджень обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми «STATISTICA – 6». В таблицях та рисунках подані середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки (Доспехов, 2011).

Результати та їх обговорення. Застосування трептолему у фазу бутонізації призводило до посилення лінійного росту пагонів, при цьому відбувалося достовірне потовщення стебла в порівнянні з контролем, що підвищувало стійкість рослин до полягання та створювало технологічні переваги при зборі урожаю (табл.1).

Таблиця 1

Вплив трептолему на морфометричні показники рослин маку олійного (фаза воскової зрілості)

Показники	Контроль	Трептолем 0,035 мл/л
Висота рослин, см	104,45±1,77	*112,59±1,65
Діаметр стебла, мм	7,89±0,23	*9,03±0,25
Кількість пагонів другого порядку, шт	2,49±0,09	*2,97±0,12
Кількість листків, шт	19,18±0,49	*22,76±0,47
Маса сухої речовини листків, г	4,31±0,19	*5,12±0,18
Площа листків, дм ²	11,47±0,27	*14,03±0,33

Примітка: * - різниця достовірна при $P < 0,05$

Встановлено, що штучне регулювання ростових процесів рослин за допомогою стимуляторів росту супроводжується суттєвими змінами морфогенезу, які в першу чергу стосуються формування різних рівнів організації фотосинтетичного апарату рослин (Петриченко, 2006). Ключову роль у продуктивності рослин відіграє фотосинтетична активність, яка значною мірою визначається площею листової поверхні, кількістю і масою листків (Кур'ята, 2009; Шадчина та ін., 2006). В зв'язку з цим, доцільно було проаналізувати вплив препарату трептолему на особливості росту, формування листової поверхні та інтенсивність відмирання листків маку олійного як чинників, що визначають потужність і терміни функціонування фотосинтетичного апарату.

Отримані результати дослідження свідчать, що відмічалася суттєва різниця у кількості листків, їх площі і масі між рослинами дослідного і контрольного варіантів (табл. 1). За дії трептолему в період формування і росту коробочок ці показники були більш високими у порівнянні з контролем, що свідчить про формування більш потужного донорного потенціалу фотосинтетичного апарату. Нами встановлено, що зростання площі листової поверхні, кількості та маси листків у рослин дослідного варіанту зумовлені збільшенням кількості пагонів другого порядку в порівнянні з контролем.

Культура маку олійного характеризується коротким періодом розвитку та швидкими темпами відмирання листків, особливо нижніх ярусів. Як видно з отриманих даних, оброблені препаратом рослини мали більшу кількість листків на кінець вегетації, що забезпечує додатковий фонд асимілятів при рості плодів.

Згідно літературних джерел, регулятори росту суттєво впливають на площу листової поверхні рослин (Киризий, 2004). У переважній більшості випадків обробка стимуляторами росту сприяла зростанню площі листків. Зокрема, трептолем збільшував площу листків соняшнику (Рогач, 2009), льону (Кур'ята та ін., 2012).

Проте, урожайність рослин залежить не лише від площі листової поверхні, але значною мірою від особливостей внутрішньої будови листка, які в науковій літературі називають «мезоструктурою». З наведених даних видно, що листки дослідних варіантів характеризуються меншою питомою масою листків (табл. 2). Зменшення питомої маси листка свідчить про структурні зміни в ньому за дії препарату, що визначає необхідність більш глибокого вивчення причин цього явища.

Аналіз мезоструктурної організації листків дозволяє проаналізувати фотосинтетичну функцію листка в багатьох випадках, однак при вивченні стимуляторів росту застосовувався рідко. Отримані нами результати вивчення елементів мезоструктури свідчать, що за дії трептолему суттєво зростала товщина листків за рахунок розростання асиміляційної паренхіми (хлоренхіми). Потовщення шару хлоренхіми відбувалося за рахунок кращого розвитку її клітин, лінійні розміри яких за дії суміші препаратів зростали у порівнянні з контролем (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив трептолему на функціонування листового апарату рослин маку олійного (фаза молочної зрілості)

Показники	Контроль	Трептолем 0,035 мл/л
Листковий індекс м ² /м ²	4,16±0,12	*5,33±0,16
Хлорофільний індекс, мг	5,28±0,13	*7,97±0,19
Чиста продуктивність фотосинтезу г/(м ² х доба)	0,65±0,015	*1,08±0,024
Питома маса листка г/дм ²	0,31±0,013	0,297±0,011
Товщина листка, мкм	233,3±5,91	*267,1 ± 5,42

Товщина хлоренхіми, мкм	127,5±2,93	*152,1 ± 2,12
Довжина клітин хлоренхіми, мкм	43,7±0,92	*50,1±1,41
Ширина клітин хлоренхіми, мкм	22,9±0,84	*31,9±0,93
Вміст суми хлорофілів (а+в), % на масу сирі речовини	0,22±0,002	*0,28±0,004

Примітка: * - різниця достовірна при $P < 0,05$.

При цьому слід відмітити, що чітка диференціація асиміляційної паренхіми (хлоренхіми) на стовпчасту та губчасту в рослин маку олійного відсутня. Збільшення парціальної частки хлоренхіми в загальній структурі листків внаслідок формування більших за розмірами асиміляційних клітин за дії препарату є позитивним чинником, який впливає на вміст пігментів та фотосинтетичні процеси. Встановлено, що застосований препарат суттєво підвищує вміст суми хлорофілів в листках маку. Аналогічний вплив стимулятора росту трептолему виявлено на рослинах соняшнику (Рогач, 2009).

Отримані результати дослідження свідчать, що покращення фітометричних і мезоструктурних показників листків та збільшення вмісту хлорофілів за дії трептолему сприяло посиленню фотосинтетичної активності листового апарату, свідченням чого є суттєво більш високі значення чистої продуктивності фотосинтезу (табл. 2).

Важливими показниками потужності фотосинтетичного апарату є листовий та хлорофільний індекси (табл. 2). Вони були більш високими в рослин, оброблених трептолемом. Разом з тим, зростання листового індексу в ценозі не завжди є позитивним явищем, оскільки загущення посівів, формування надмірної листової поверхні може призводити до затінення сусідніх рослин, і, як наслідок, зменшення урожайності культури (Шадчина та ін., 2006).

Аналіз отриманих результатів свідчить, що застосування стимулятора росту не призводило до таких негативних наслідків. Навпаки, відбувалося зростання насінневої продуктивності культури за дії препарату. Так за дії трептолему цей показник складав $*10,15 \pm 0,26$ (ц/га) відносно $8,37 \pm 0,25$ (ц/га) у варіанті без обробки (рис. 1). Причиною цього було те, що обробка рослин трептолемом призводила до достовірного збільшення кількості плодів на рослині – коробочок. Одночасно зростала маса тисячі насінин і маса насіння в коробочці, що призводило до збільшення урожайності культури.

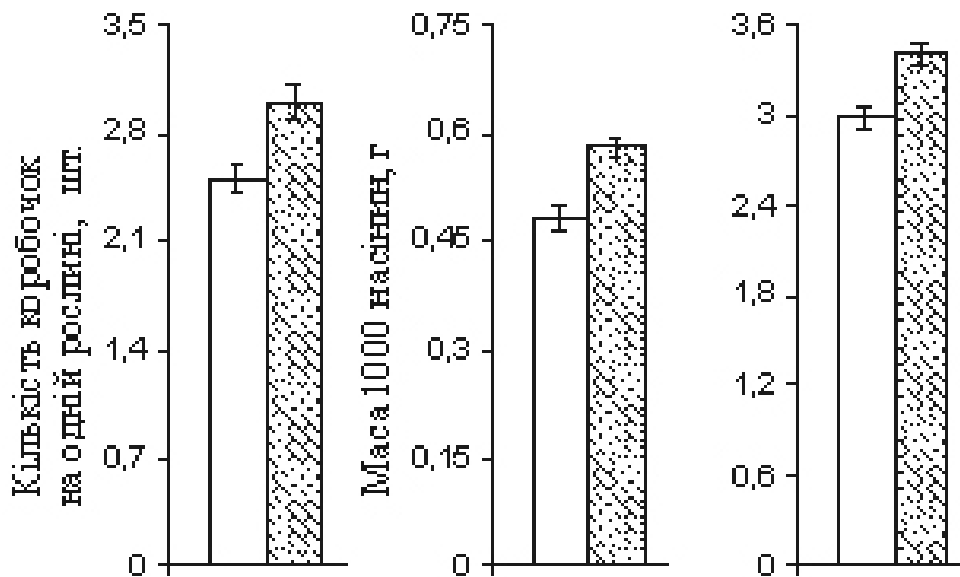


Рисунок 1. Вплив трептолему на структуру урожаю маку олійного:

□ – контроль, ▨ – трептолем (0,035мл/л).

Висновки. Обробка рослин маку олійного регулятором росту трептолемом призводила до формування більш потужного фотосинтетичного апарату і збільшення «запиту» на асиміляційні процеси карпогенезу внаслідок посиленого галуження стебла та формування більшої кількості коробочок на рослині. Результатом такої корекції донорно - акцепторних відносин рослини є підвищення насінневої продуктивності культури.

Список використаної літератури

- Гавриленко В. Ф., Ладьгіна М. Е. Большой практикум по физиологии растений. Москва : Высш. шк., 1975. 392 с.
 Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва : Альянс, 2011. 352 с.
 Казаков Е. О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 272 с.
 Кирилий Д. А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений. Київ : Логос, 2004. 191 с.
 Кур'ята В. Г. Ретарданты — модификаторы гормонального статуса растений. *Физиология растений: проблемы та перспективи розвитку*. Київ, 2009. Т. 1. С. 565–589.
 Кур'ята В. Г., Ходаніцька О. О. Особливості морфогенезу і продукційного процесу льону-кучерявцю за дії хлор-мекватхлориду і трептолему. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2012. Т. 44, № 6. С. 522–528.
 Кур'ята В. Г. Действие ретардантов на мезоструктуру листьев малины. *Физиология и биохимия культурных растений*. 1998. Т. 30, № 2. С. 144–149.

- Петриченко В. Ф., Антипін Р. А. Фотосинтетична продуктивність гороху залежно від впливу технологічних прийомів вирощування в умовах лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 3–14.
- Пономаренко С. П. Регулятори росту растений на основе N-оксидов производных пиридина: (физико-химические свойства и биологическая активность). Київ : Техника, 1999. 270 с.
- Прядкіна Г. О., Швартау В. В., Михальська Л. М. Потужність фотосинтетичного апарату, зернова продуктивність та якість зерна інтенсивних сортів м'якої озимої пшениці за різного рівня мінерального живлення. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2011. Т. 43, № 2. С. 158–163.
- Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти / Т. М. Шадчина та ін. Київ : Укр. фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
- Рогач Т. І. Особливості морфогенезу і продуктивність соняшнику за дії трептолему. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку* : у 2 т. / голов. ред. В. В. Моргун. Київ : Логос, 2009. Т. 1. С. 680–686.
- Mixed Compound of DCPTA and CCC increases maize yield by improving plant morphology and upregulating photosynthetic capacity and antioxidants / Y. Wang et al. *PLOS ONE*. 2016. No. 11(2) P. 1–25. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0149404&type=printable>
- Poprotska I. V., Kuryata V. G. Features of gas exchange and use of reserve substances in pumpkin seedlings in conditions of skoto- and photomorphogenesis under the influence of gibberellin and chlormequat-chloride. *Regulatory mechanisms in biosystems*. 2007. No. 8(1). P. 71–76. DOI: <https://doi.org/10.15421/021713>

S. V. Polyvaniy

Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University.

CAPACITY OF PHOTOSYNTHETIC APPARATUS AND SEED YIELD OF PAPAVER SOMNIFERUM UNDER THE ACTION OF TREPTOLEM

From the standpoint of the concept of donor - acceptor relations, the results of studying the influence of growth stimulator treptolem on the morphological features and the production process of oil poppy seeds are analysed. It is established that the treatment of oil poppy seeds with this preparation caused an increase in growth and stem branching, as well as an increase in the number, mass, area of leaves per plant and the duration of their life. These changes can promote the synthesis and accumulation of assimilates and have a positive impact on culture yield.

The application of a growth stimulator led to a thickening of the basic assimilation tissue of chlorhexid leaves as a result of the growth of its cells. There is no clear differentiation of the assimilation parenchyma (chlorenchyma) on the columnar and spongy oil poppy plants. Improvement of mesostructure indexes of leaves and increase of chlorophyll content under the action of treptolem caused the increase in pure productivity of photosynthesis.

*The application of treptolem results in the formation of a more powerful photosynthetic apparatus and an increase in the "demand" for assimilates by processes of carpogenesis due to the enhanced stem branching and the formation of more pods per plant. The result of such correction of donor - acceptor relations in the plant is to increase the seed productivity of the crop. The application of the preparation leads to positive changes in the structure of the crop - an increase in the number of fruits per plant, the number of seeds in pods, and the mass of the seed. This contributed to the growth of the productivity of oil poppy plants and, accordingly, in the variant with the use of treptolem, the yield is - * 10,15 ± 0,26 (c / ha), against the control one, where the productivity was - 8,37 ± 0,25 (c / ha).*

Key words: poppy oil (*Papaver somniferum*), plant growth regulators, treptolem, pure productivity of photosynthesis, morphogenesis.

References:

- Dospekhov, B. A. (2011). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]*. Moskva: Al'yans [in Russian].
- Gavrilenko, V. F., & Ladygina, M. E. (1975). *Bol'shoi praktikum po fiziologii rastenii [Great workshop on plant physiology]*. Moskva: Vyssh. shk. [in Russian].
- Kazakov, Ye. O. (2002). *Metodolohichni osnovy postanovky eksperymentu z fiziologii roslin [Methodological bases of the experimentation on plant physiology]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
- Kirizii, D. A. (2004). *Fotosintez i rost rastenii v aspekte donorno-akseptornykh otnoshenii [Photosynthesis and plant growth in the aspect of donor-acceptor relations]*. Kyiv: Lohos [in Russian].
- Kur'yata, V. H. (2009). Retardanty – modyfikatory hormonalnoho statusu roslin [Retardants are modifiers of the hormonal status of plants]. In V. V. Morhun (Ed). *Fiziologhiia roslin: problemy ta perspektivy rozvytku [Plant Physiology: Problems and Prospects for Development]*(Vol. 1, pp. 565-589). Kyiv [in Ukrainian].
- Kur'yata, V. H., & Khodanitska, O. O. (2012). Osoblyvosti morfohenezu i produktsiynoho protsesu lonu-kucheriavtsiu za dii khormekvatkhloridu i treptolemu [Features of morphogenesis and production process of flax-curler under the action of chlormequat chloride and treptolem]. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 44(6), 522-528 [in Ukrainian].
- Kur'yata, V. G. (1998). Deistvie retardantov na mezostrukturu list'ev maliny [The effect of retardants on the mesostructure of raspberry leaves]. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 30(2), 144-149 [in Russian].
- Petrychenko, V. F., Antypin, R. A. (2006). Fotosyntetichna produktyvnist horokhu zalezno vid vplyvu tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia v umovakh lisostepu Ukrainy [Photosynthetic performance of peas depending on the influence of technological methods of cultivation in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnystvo [Feed and feed production]*, 57, 3-14 [in Ukrainian].
- Ponomarenko, S. P. (1999). *Regulatory rosta rastenii na osnove N-oksidoiv proizvodnykh piridina: (fiziko-khimicheskie svoistva i biologicheskaya aktivnost') [Plant growth regulators based on pyridine derivatives N-oxides: (physicochemical properties and biological activity)]*. Kyiv: Tekhnika [in Russian].
- Poprotska, I. V., & Kuryata, V. G. (2017). Features of gas exchange and use of reserve substances in pumpkin seedlings in conditions of skoto- and photomorphogenesis under the influence of gibberellin and chlormequat-chloride. *Regulatory mechanisms in biosystems*, 8(1), 71-76. DOI: <https://doi.org/10.15421/021713>
- Priadkina, H. O., Shvartau, V. V., & Mykhalska, L. M. (2011). Potuzhnist fotosyntetichnoho aparatu, zernova produktyvnist ta yakist zerna intensyvnykh sortiv m'iaкои ozymoї pshenytsi za riznoho rivnia mineralnoho zhyvlennia [Power of photosynthetic apparatus, grain yield and quality of grain of intensive soft winter wheat varieties at different levels of mineral nutrition]. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 43(2), 158-163 [in Ukrainian].
- Rohach, T. I. (2009). Osoblyvosti morfohenezu i produktyvnist soniashnyku za dii treptolemu [Osoblyvosti morfohenezu i produktyvnist soniashnyku za dii treptolemu]. In V. V. Morhun (Ed). *Fiziologhiia roslin: problemy ta perspektivy rozvytku [Plant Physiology: Problems and Prospects for Development]*(Vol. 1, pp. 680-686). Kyiv: Logos [in Ukrainian].
- Shadchyna, T. M., Hulciaiev, B. I., Kirizii, D. A., Stasyk, O. O., Priadkina, H. O., & Storozhenko, V. O. (2006). *Regulatsiia fotosintezu i produktyvnist roslin: fiziologhični ta ekolohični aspekty [Regulation of photosynthesis and plant productivity: physiological and environmental aspects]*. Kyiv: Ukr. Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
- Wang, Y., Gu, W., Xie, T., Li, L., Sun, Y., Zhang, H., Li, J., & Wei, S. (2016). Mixed Compound of DCPTA and CCC increases maize yield by improving plant morphology and upregulating photosynthetic capacity and antioxidants. *PLOS ONE*, 11(2), 1-25. Retrieved from <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0149404&type=printable>