

Ефективність комбінування добрив із стресопротекторами та регуляторами росту для послаблення впливу абіотичних стресів на рослини

Є.Ю. Гладкіх

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»,
Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 17.08.2020 Отримано після доопрацювання 13.09.2020 Затверджено до друку 15.09.2020 Доступно онлайн 05.11.2020	Питання підвищення стійкості до екстремальних факторів набуває все більшої значущості, зростає актуальність пошуку прийомів та способів зниження впливу абіотичних стресів (посух, високих температур, заморозків) на реалізацію адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур. Для деяких несприятливих факторів досліджено антистресову активність окремо фітогормонів, мікроелементів, мікродобрив, втім, найбільшої ефективності можна досягти шляхом комбінування необхідних елементів живлення, гормонів і регуляторів росту в оптимальній нормі. Пошукову роботу виконано з метою встановлення ефективності комбінованого застосування добрив і препаратів стресопротекторної та рістрегулювальної дії, для послаблення наслідків абіотичних стресів. Однією із задач було визначення оптимальних доз та способів застосування препаратів. У лабораторному експерименті, за дією на проростання насіння (за показниками: схожість, енергія, дружність і швидкість проростання), визначили набір компонентів для комплексування в інтегрованих препаратах. В результаті створили два комплексних стресопротектори (набори окремих препаратів) для послаблення наслідків абіотичних стресів. Перший – СПн, призначено для обробки насіння перед посівом; до нього входять комплекс мікроелементів, триполіфосфат натрію, фітогормони та кремній, а також полісахарид природного походження ліпогенної композиції. Другий препарат – СПп, який призначено для підживлення вегетуючих рослин, містить ті самі компоненти, а також комплекс амінокислот L-конфігурації та макроелементи живлення у мінеральній формі. Дію комплексних препаратів на фоні мінерального удобрення ($N_{30}P_{30}K_{30}$) дослідили впродовж одного вегетаційного періоду у двох дрібноділянкових дослідах на посівах ячменю. Найбільший вплив на урожай ячменю зафіксовано за комбінування мінеральних добрив із застосуванням передпосівної обробки насіння препаратом СПн у дозі 1 л/т та одноразового підживлення рослин протягом вегетації препаратом СПп у нормі 1,0 л/га або по 0,5 л/га двічі протягом вегетації.

* E-mail: ye.hladkikh@ukr.net

Форма цитування: Гладкіх Є.Ю. Ефективність комбінування добрив із стресопротекторами та регуляторами росту для послаблення впливу абіотичних стресів на рослини. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 90. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2020. С. 57-64. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss90-06>

Перелік використаних джерел

1. Waraich E.A., Ahmad R., Ullah S., Ashraf M.Ya., Ehsanullah. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian Journal of Crop Science*. 2011; 5 (6). :764-777 URL: https://www.researchgate.net/publication/236119726_Role_of_mineral_nutrition_in_alleviation_of_drought_stress_in_plants.
2. Жук О.І. Формування адаптивної відповіді рослин на дефіцит води. *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. 2011. 43(1). С. 26-37.
3. Kudoyarova G.R., Dodd I.C., Veselov D.S., Rothwell S.A., Veselov S.Yu. Common and specific responses to availability of mineral nutrients and water. *J. Exp Bot*. 2015. Apr; 66(8). P. 2133–2144. DOI: 10.1093/jxb/erv017.
4. IAEA (International Atomic Energy Agency). Nutrient and water management practices for increasing crop production in rainfed arid/semi-arid areas. IAEATECDOC-1468. IAEA, Vienna, Austria. 2005. 120 p. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1468_web.pdf.
5. Selye H.A. Syndrome produced by diverse nocuous agent. *Nature*. 1936. 138. P. 32. DOI: <https://doi.org/10.1038/138032a0>
6. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. Киев: Основа, 2010. 352 с.
7. Колупаев Ю.Е., Горелова Е.И., Ястреб Т.О. Механизмы адаптации растений к гипотермии: роль антиоксидантной системы. *Вісник ХНАУ. Біологія*. 2018. №1. С. 6-33.
8. Пятыйгин С.С. Стресс у растений: физиологический подход. *Журн. общей биологии*. 2008. Т. 69, № 4. С. 294-295.
9. Веденичова Н.П., Косаківська І.В. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ: Наш формат, 2017. 200 с.
10. Кушнір О.В., Кур'ята В.Г. Фізіологічні основи застосування фітогормонів та антигіберелінових препаратів в рослинництві. *Сучасні проблеми біологічної науки та методики її викладання у закладах вищої освіти*. 2018. С. 244-261.
11. Кефели В.И., Власов П.В., Прусакова Л.Д. Природные и синтетические регуляторы онтогенеза растений. Москва: ВИНТИ. сер. физиол. раст., 1990. Т. 7. 157 с.
12. Полянчиков С., Капітанська О. Ринок біостимуляторів: перспективи для розвитку в Україні. 2018. Електронне посилання: <http://infoindustria.com.ua/rinok-biostimulyatoriv-perspektivi-dlya-rozvitku-v-ukrayini/>
13. Попов А.И. Гуминовые вещества, свойства, строение, образование. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. 248 с.
14. Сергієнко В. Рістрегулюючий та захисний ефект гумінових речовин. *Агробізнес Сьогодні*. 2018. Електронне посилання: <https://tdnasinnya.com/uk/statti/inshi/140-ristregulyuyuchij-ta-zaxisnij-efekt-guminovix-rechovin>
15. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants / Van Oosten M.J., Pepe O., De Pascale S. [et al.] // *Chem. Biol. Technol. Agric*. 2017. 4: 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5org>
16. Вихрева В.А., Лебедева Т.Б., Надежжина Е.В. Применение антистрессовых препаратов при гербицидной обработке посевов ярового ячменя. *Агрохимия*. 2011. № 5. С. 46-53. URL: <http://naukarus.com/primenenie-antistressovyh-preparatov-pri-gerbitsidnoy-obrabotke-posevov-yarovogo-yachmenya>

17. A Method for a Fast Evaluation of the Biostimulant Potential of Different Natural Extracts for Promoting Growth or Tolerance against Abiotic Stress / R. Saporta, C. Bou, V. Frias [et al.]. *Agronomy*. 2019. № 9. P. 143. DOI: 10.3390/agronomy9030143.

18. Осипова Л.В., Курносова Т.Л., Быковская И.А. Повышение адаптивного потенциала ячменя ярового (*Hordeum Vulgare* L.) при действии абиотического стресса. *Проблемы агрохимии и экологии*. 2016. 3. С. 48-51. URL: <http://agroproblem.soil.msu.ru/index.php/content/10-uncategorised/nomer/statva/86-2016-3-48>.

19. Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О., Луговая А.А. Роль жасмонатов в адаптации растений к действию абиотических стрессов. *Физиология растений и генетика*. 2016. 48 (2). С. 95-111. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=FBKR_2016_48_2_3

20. Гринченко А.Л. Ретарданты роста в мировом растениеводстве (технические и декоративные культуры). Москва. 1981. 92 с.

21. Сорокин А., Евдокимов Н., Цвденнова А. Эффективность биопрепарата Энергия М в условиях острой засухи. *Главный агроном*. 2017. 1. С. 12-15.

22. Жолкевич В.Н. Водный обмен растений. Москва: Наука. 1989. 256 с.

23. Галашева А.М., Красова Н.Г., Янчук Т.В. Фракционный состав воды в листьях у сортов яблони (*Malus Mill*). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. 1(18). С. 18-21.

24. Jasmonic acid enhancement of anthocyanin accumulation is dependent on phytochrome A signaling pathway under far-red light in *Arabidopsis* / Li T., Jia K.P., Lian H.L. [et al.]. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2014; 454: 78-83. DOI: 10.1016/j.bbrc.2014.10.059

25. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress / Saglam A., Saruhan A., Terzi R., Kadroglu. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2011. 58(1). P. 60-68.

26. Кожухар Т.В., Кохан С.С., Кириченко О.В. Вплив передпосівної обробки насіння біологічними композиціями і мінерального добрива на вміст хлорофілу в листках пшениці озимої. *Бюроресурси і природокористування*. 2010; 2 (1/2): 49-54.

27. Влияние засухи на содержание хлорофилла и активность ферментов антиоксидантной системы в листьях трех сортов пшеницы, различающихся по продуктивности / М.К. Николаева, С.Н. Маевская, А.Г. Шугаев, Н.Г. Бухов. *Физиология растений*. 2010; 57(1). С. 94-102.

UDC 631.8:551.583.13

The effectiveness of combining fertilizers with stress protectors and growth regulators to reduce the impact of abiotic stress on plants

Ye.Yu. Hladkikh

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky",
Kharkiv, Ukraine

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received 17.08.2020 Received in revised form 13.09.2020 Accepted 15.09.2019 Available online 05.11.2020	The issue of increasing resistance to extreme factors is becoming increasingly important, the relevance of the search for methods and ways to reduce the impact of abiotic stresses (droughts, high temperatures, frosts) on the implementation of the adaptive potential of agricultural crops is growing. For some unfavorable factors, the antistress activity of phytohormones, microelements and micronutrients was investigated, however, the greatest efficiency can be achieved through the combination of the necessary nutrients, hormones and growth regulators in an optimal rate. The aim of the work was establishing the effectiveness of the combined application of fertilizers, stress protectors and plant growth regulators to mitigate the effects of abiotic stresses. One of the tasks was to determine the optimal doses and methods of applying stress protectors. In a laboratory experiment, the effect on seed germination (by indications: sprouting, energy friendliness and germination rate), identified a set of components for complexing in the integrated products. As a result, we created two complex stress-protective fertilizers (sets of separate preparations) to mitigate the effects of abiotic stresses. The first one - SPs, is intended for seed treatment before sowing; it includes a complex of trace elements, sodium tripolyphosphate, phytohormones and silicon, as well as a naturally occurring polysaccharide lipogenic composition. The second preparation - SPf, intended for foliar fertilizing plants, contains the same components, as well as a complex of L-configuration amino acids and macronutrients in mineral form. The effect of complex preparations against the background of mineral fertilization ($N_{30}P_{30}K_{30}$) was investigated in two small-plot experiments on barley crops. The greatest effect on the barley yield was recorded when combining mineral fertilizers with the use of pre-sowing seed treatment with SPs at a rate of 1 l/t and a one-time foliar fertilizing plants during the growing season with SPf at a rate of 1.0 l/ha or 0.5 l/ha twice during vegetation.
Keywords: abiotic stress; fractional composition of water; mineral nutrition; plant growth regulators; stress protectors; chlorophyll.	

E-mail: ye.hladkikh@ukr.net

Citing: Hladkikh Ye. Yu. The effectiveness of combining fertilizers with stress protectors and growth regulators to reduce the impact of abiotic stress on plants. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 90. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 57-64. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss90-06>.

References

1. Waraich E.A., Ahmad R., Ullah S., Ashraf M.Ya., Ehsanullah. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian Journal of Crop Science*. 5(6). P. 764-777 URL: https://www.researchgate.net/publication/236119726_Role_of_mineral_nutrition_in_alleviation_of_drought_stress_in_plants.
2. Zhuk O.I. 2011. Formation of adaptive response of plants to water deficiency. *Physiology and biochemistry of plant cultures*. 43(1). P. 26-37. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/66347/03-Zhuk.pdf?sequence=1>. (Ukr.).
3. Kudoyarova G.R., Dodd I.C., Veselov D.S., Rothwell S.A., Veselov S.Yu. 2015. Common and specific responses to availability of mineral nutrients and water. *J. Exp Bot. Apr.* 66(8). P. 2133-2144. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv017>.
4. IAEA (International Atomic Energy Agency). Nutrient and water management practices for increasing crop production in rainfed arid/semi-arid areas. IAEATECDOC-1468. IAEA, Vienna, Austria. 2005. 120 p. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1468_web.pdf.
5. Selye H.A. 1936. Syndrome produced by diverse nocuous agent. *Nature*. 138. P. 32. DOI: <https://doi.org/10.1038/138032a0>
6. Kolupaev Yu.E., Karpets Yu.V. 2010. Formation of adaptive reactions of plants to the action of abiotic stressors. *Kuiv: Osnova*. 352 p. (Rus.).

7. Kolupaev Yu.E., Gorelova E.I., Yastreb T.O. 2018. Mechanisms of plant adaptation to hypothermia: the role of the antioxidant system. *Visnyk of KhNAU. Biology*. №1. P. 6-33. (Rus.).
8. Pyatygin S.S. 2008. Stress in plants: a physiological approach. *Journal. general biology*. 69. № 4. P. 294–295. (Rus.).
9. Vedenichova N.P., Kosakivska I.V. 2017. Cytokinins as regulators of plant ontogenesis under different growth conditions. Kyiv: Nash format, 200 p. (Ukr.).
10. Kushnir O.V., Kuryata V.G. 2018. Physiological bases of application of phytohormones and antihiberelin drugs in plant growing. *Modern problems of biological science and methods of its teaching in higher education institutions*. P. 244–261. (Ukr.).
11. Kefeli V.I., Vlasov P.V., Prusakova L.D. 1990. Natural and synthetic regulators of plant ontogenesis. T. 7. Moscow: series of plant physiology, 1990.157 p. (Rus.).
12. Polyanchikov S., Kapitanska O. 2018. The market of biostimulants: prospects for development in Ukraine. URL: <http://infoindustria.com.ua/rinok-biostimulyatoriv-perspektivi-dlya-rozvitku-v-ukrayini/> (Ukr.).
13. Popov A.I. 2004. Humic substances, properties, structure, education. St. Petersburg. 248 p. (Rus.).
14. Sergienko V. 2018. Growth regulatory and protective effect of humic substances. *Agribusiness Today*. URL: <https://tdhasinnyia.com/uk/statyi/inshi/140-ristregulyuyuchij-ta-zaxisnij-efekt-guminovix-rechovin> (Ukr.).
15. Van Oosten M.J., Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4: 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
16. Vikhreva V.A., Lebedeva T.B., Nadezhkina E.V. 2011. The use of anti-stress drugs for Phorbicidal treatment of spring barley crops. *Agrochemistry*. № 5. P. 46-53. URL: <http://naukarus.com/primenenie-antistressovyh-preparatov-pri-gerbitsidnoy-obrabotke-posevov-yarovogo-yachmenya> (Rus.).
17. Saporta R., Bou C., Frías V., Mulet J.M. 2019. A Method for a Fast Evaluation of the Biostimulant Potential of Different Natural Extracts for Promoting Growth or Tolerance against Abiotic Stress. *Agronomy*. 9. 143. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9030143>.
18. Osipova L.V., Kurnosova T.L., Bykovskaya I.A. 2016. Increasing the adaptive potential of spring barley (*Hordeum Vulgare* L.) under the action of abiotic stress. *Problems of agrochemistry and ecology*. 3. P. 48-51. URL: <http://agroproblem.soil.msu.ru/index.php/content/10-uncategorised/nomer/statya/86-2016-3-48> (Rus.).
19. Kolupaev Yu.E., Yastreb T.O., Lugovaya A.A. 2016. The role of jasmonates in plant adaptation to abiotic stress. *Plant physiology and genetics*. 48(2). P. 95-111. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=FBKR_2016_48_2_3 (Rus.).
20. Grinchenko A.L. 1981. Growth retardants in world crop production (industrial and decorative crops). Moscow. 92 p. (Rus.).
21. Sorokin A., Evdokimov N., Tsevdanova A. 2017. Efficiency of the biological product Energiya M under conditions of acute drought. *Chief agronomist*. 1. P. 12-15. (Rus.).
22. Zholkevich V.N. 1989. Water exchange of plants. Moscow: Nauka. 256 p. (Rus.).
23. Galasheva A.M. 2013. Fractional composition of water in the leaves of apple varieties (*Malus Mill*). *J. Variety research and protection of plant variety rights*. 1(18). P. 18-21. (Rus.).
24. Li T., Jia K.P., Lian H.L., Yang X., Li L., Yang H.Q. 2014. Jasmonic acid enhancement of anthocyanin accumulation is dependent on phytochrome A signaling pathway under far-red light in *Arabidopsis*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 454: 78-83. DOI: 10.1016/j.bbrc.2014.10.059
25. Saglam A., Saruhan N., Terzi R., Kadroglu A. 2011. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology*. 58(1). P. 60-68.
26. Kozhukhar T.V., Kokhan S.S., Kirichenko O.V. 2010. The effect of pre-sowing treatment of seeds with biological compositions and mineral fertilizers on the content of chlorophyll in the leaves of winter wheat. *Bioresources and nature management*. 2(1/2). P. 49-54. (Ukr.).
27. Nikolaeva M.K., Maevskaya S.N., Shugaev A.G., Bukhov N.G. 2010. Influence of drought on chlorophyll content and activity of antioxidant enzymes in leaves of three wheat varieties differing in productivity. *Plant physiology*. 57(1). P. 94-102. (Rus.).

УДК 631.8:551.583.13

Эффективность комбинирования удобрений со стрессопротекторами и регуляторами роста для ослабления влияния абиотических стрессов на растения

Е.Ю. Гладких

Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского»,
Харьков, Украина
E-mail: ye.hladkikh@ukr.net

Вопрос повышения устойчивости к экстремальным факторам приобретает все большее значение, возрастает актуальность поиска приемов и способов снижения влияния абиотических стрессов (засух, высоких температур, заморозков) на реализацию адаптивного потенциала сельскохозяйственных культур. Для некоторых неблагоприятных факторов исследована антистрессовая активность отдельно фитогормонов, микроэлементов, микроудобрений, впрочем, наибольшей эффективности можно достичь благодаря комбинированию необходимых элементов питания, гормонов и регуляторов роста в оптимальной норме. Работа выполнена с целью установления эффективности комбинированного применения удобрений и препаратов стрессопротекторного и регулирующего рост действия, для ослабления последствий абиотических стрессов. Одной из задач было определение оптимальных доз и способов применения препаратов. В лабораторном эксперименте, по действию на прорастание семян (по показателям: всходы, энергия, дружность и скорость прорастания), определили набор компонентов для комплексирования в интегрированных продуктах. В результате создали два комплексных стрессопротекторных препарата (наборы отдельных препаратов) для ослабления последствий абиотических стрессов. Первый - СПн, предназначен для обработки семян перед посевом; в него входят комплекс микроэлементов, триполифосфат натрия, фитогормоны и кремний, а также полисахарид природного происхождения липкогенной композиции. Второй препарат - СПп, предназначенный для подкормки вегетирующих растений, содержит те же компоненты, а также комплекс аминокислот L-конфигурации и макроэлементы питания в минеральной форме. Действие комплексных препаратов на фоне минерального удобрения ($N_{30}P_{30}K_{30}$) исследовали в двух мелкоделяночных опытах на посевах ячменя. Наибольшее влияние на урожай ячменя зафиксировано при комбинировании минеральных удобрений с предпосевной обработкой семян препаратом СПн в дозе 1 л/т и одноразовой подкормкой растений в течение вегетации препаратом СПп в норме 1,0 л/га или 0,5 л/га дважды в течение вегетации.

Ключевые слова: абиотический стресс; минеральное питание; регуляторы роста растений; стрессопротекторы; фракционный состав воды; хлорофилл.