

CONSIDERATIONS ON PLANT GROWTH HORMONES

Diana Ioana ALEXAN*, **Aleksa Teodor SUBONJ**

West University of Timisoara, Faculty of Chemistry, Biology, Geography, Department of Biology-Chemistry, Pestalozzi 16, Timișoara

*Corresponding author e-mail: diana.alexan98@e-uvt.ro

Received 2 May 2020; accepted 5 June 2020

ABSTRACT

Many factors can cause or influence cell growth in plants, such as external (environmental) and internal ones; One of the most important internal factors is plant growth hormones. Many hormones needed for cell growth, such as auxins, gibberellins, brassinosteroids, ethylene, jasmonic acid, salicylic acid, strigolactones and cytokinins are able to accelerate or increase growth, but some hormones, such as abscisic acid has a negative effect on it, increasing seed dormancy by inhibiting cell growth. Also, plant hormones are able to eliminate the dormancy for several plants and can attenuate abiotic stress which led to better germination and increase growth for many plants, naturally occurring in the plant or by being added artificially, or in the form of bio-, nanofertilization to improve productivity in extreme conditions. Therefore, this review will highlight and provide data on the positive and / or negative effect of growth phytohormones in plants to improve their germination method. It will also clarify aspects related to the relationship between these hormones and enzymes for an accelerated growth.

KEYWORDS: *plant hormones, seed germination, dormancy, cell growth, inhibition.*

INTRODUCERE

Fitohormonii nu sunt nutrienți, ci sunt substanțe chimice și nu toate celulele plantelor răspund la acțiunea acestora, doar acele celule care sunt programate să răspundă în anumite momente din ciclul lor de creștere. Cele mai mari efecte apar în anumite etape din viața celulei, cu efecte diminuate înainte, sau după aceste perioade (Swarup et al., 2007).

Plantele au nevoie de hormoni într-un moment foarte specific în timpul creșterii lor și în anumite locuri. De asemenea, ele trebuie să dezactiveze efectele pe care hormonii le au atunci când nu le mai sunt necesare. Producția de hormoni are loc foarte des în locurile de creștere active la nivelul meristemelor, înainte ca celulele să se diferențieze complet. După producție, sunt mutate, uneori, în alte părți ale plantei, unde provoacă un efect imediat; sau pot fi stocate în celule pentru a fi eliberate mai târziu. Plantele pot, de asemenea, să descompună hormonii chimic, distrugându-i eficient. Hormonii

vegetali reglează frecvent concentrațiile altor hormoni vegetali (Campbell & Reec, 2002; Davies, 2010).

Importanța hormonilor vegetali

Cantitățile mici de fitohormoni susțin, controlează, influențează și avantajează creșterea plantei de la stadiul de embrion, până la dezvoltarea reproductivă, de asemenea, toleranța la stres și apărarea contra patogenilor. În funcție de importanța hormonilor vegetali din această recenzie, se vor împărți în două secțiuni principale:

- primul este efectul fitohormonilor asupra germinării și creșterii plantelor în condiții interne sau externe adecvate,
- al doilea: efectul hormonilor vegetali asupra germinării și creșterii plantelor în condiții de mediu interne sau externe improprie.

Efectul hormonilor vegetali asupra germinării și creșterii plantelor în condiții interne sau externe propice

Creșterea eficientă a embrionului atunci când sunt prezente condiții de mediu adecvate atrage după ea germinarea semințelor, ducând la ruperea tegumentului semințelor și apariția unei plante mici. Există cinci etape de bază pentru germinare: îmbibarea apei, activarea enzimelor, inițierea creșterii embrionilor, ruperea stratului protector al semințelor și apariția răsadului, iar în cele din urmă, fixarea răsadului (Meyer & Anderson, 1952; Copeland, 1976; Grudnicki & Ianovici, 2014).

În etapa a doua etapă a germinării (activarea enzimei), după absorbția apei prin orificiile naturale din învelișul semințelor și răspândite prin țesuturile seminței, giberelinele activează formarea enzimelor hidrolitice, în principal α -amilaza în celulele aleuronale, care sunt responsabile pentru hidroliza macromoleculelor de stocare, cum ar fi amidonul și proteinele și le transformă în forme disponibile embrionului, folosite pentru creșterea în dimensiune și pentru a crește conținutul osmotic al seminței, crescând potențialul de apă (Ikuma & Thimann, 1963; Öpik et al., 2005).

În plus, hormonii vegetali au un rol important și în creșterea plantelor, nu numai în germinație, cum ar fi citokininele (CK), care influențează diviziunea celulară, formarea răsadului și ajută la întârzierea senescenței țesuturilor (To & Kieber, 2008; Santner et al., 2009). De asemenea, raportul dintre citokinine și auxine afectează majoritatea perioadelor de creștere majoră pe parcursul vieții unei plante (Sipes & Einset, 1983). De asemenea, hormonii peptidici controlează diviziunea celulară și joacă roluri cruciale în creșterea și dezvoltarea plantelor (Lindsey et al 2002). Mai mult, giberelinele (GAs) avantajează puternic alungirea celulelor plantulelor (Van der Knaap et al.

2000; Tsai et al. 1997). De asemenea, ele pot afecta ciclul celular la nivelul plantei (Hauvermale et al. 2012). Între timp, efectele oxidului nitric (NO) se exercită asupra germinației, morții celulare (Shapiro, 2005) și reglează funcțiile organelor celulelor vegetale (de exemplu, mitocondria și sinteza ATP în cloroplaste) (Roszer, 2012).

Pentru a îmbunătăți și crește producția de hormoni vegetali în plante, multe studii au dovedit nevoia de a adăuga hormoni vegetali fie direct (GA3, kinetină și citokinine) (Afroz et al. 2009; Hyunggook et al., 2008), fie indirect (substanțe humice, gunoi de grajd, magnetit, zeoliți naturali, extract de *Moringa* și bio-fertilizatori). Creșterea sau accelerarea productivității hormonilor din plante (Marek & Skorupska, 2001) au fost indicate sub prezența materiei organice sub formă de compost, care constituie o sursă de hormoni cu aceeași acțiune precum a auxinelor sau a activitate asemănătoare cu a giberinelor. Rezultate similare au fost obținute și în cazul studiului realizat de Khalil și EL-Aref în anul 2001. Ikeda și colaboratorii au concluzionat, în 2010, că este posibil ca producerea de fitohormoni să influențeze bacteriile simbiotice, cum ar fi bacteriile fixatoare de N₂ la nivelul nodozităților rădăcinii. În timpul fixării răsadului de soia (*Glycine max* L.) și a fixării simbiotice de N₂ la *Bradyrhizobium japonicum*, producția de hormoni vegetali poate determina populația bacteriană de la nivelul nodulilor, afectând, de exemplu, substratul disponibil spre utilizarea de către *Rhizobium*. Cealaltă viziune semnificativă și interesantă a efectelor bacteriilor din sol asupra producției de hormoni vegetali este alterarea pe care ar putea-o realiza în acțiunea căile de semnalizare a plantelor, ceea ce poate modifica randamentul de producere a hormonilor vegetali din planta gazdă (Cui et al. 2010; Miransari et al., 2014). Maheshwari a concluzionat, în 2009, că tratamentele magnetice au același efect pentru producția de fitohormoni. Soliman și Abdelwahab (2013) au raportat că cele mai mari valori medii ale IAA, GA și CK au fost înregistrate prin tratarea cu amestec de compost și zeolit, în comparație cu grupul de control. În cazul studiului lui Abdelwahab și Soliman din 2017, s-a ajuns la concluzia că adăugarea unui amestec de îngrășăminte organice și efectuarea de modificări ale compoziției solului au dus la creșterea semnificativă a hormonilor indigeni, reprezentați de acid indolacetic (IAA), acid giberelic (GA3) și citokinine (CK), ceea ce a dus la o sporire semnificativă în creșterea morfologică, îmbunătățirea caracteristicilor florale și compoziției chimice a *Oenothera biennis*. Contrastant, Mato și colaboratorii (1972) au constatat că aplicarea acidului humic (HA) inhibă acidul indolacetic (IAA) oxidaza, împiedicând astfel distrugerea acestui hormon vegetal de creștere.

Efectele hormonilor vegetali asupra germinării și creșterii plantelor în condiții de mediu interne sau externe neadecvate

Uneori, chiar și în condiții favorabile de germinare (un aport adecvat de apă, o temperatură adecvată și compoziția normală a atmosferei) semințele nu germinează. În acest caz, semințele sunt considerate latente. Latența semințelor este definită ca o fază inactivă în care creșterea și dezvoltarea sunt amânate și respirația este mult redusă (Bewley & Black, 1994; Crawley, 1997; Alexan & Ianovici, 2018; Ciobanu & Ianovici, 2018; Boboescu & Ianovici, 2018). Latența stratului de semințe implică restricția mecanică a tegumentului semințelor. GA stopează această latență prin creșterea potențialului de creștere a embrionilor și/sau slăbirea tegumentului semințelor, astfel încât radica răsadului să poată trece prin acesta. ABA afectează caracteristicile de creștere a stratului de semințe, inclusiv grosimea și afectează potențialul de creștere a embrionului mediat de GA.

Hormonii pot, de asemenea, să medieze latența endospermului. La majoritatea semințelor, endospermul este compus din țesut viu care poate răspunde activ la hormonii generați de embrion. Acesta acționează adesea ca o barieră pentru germinarea semințelor, jucând un rol în latență sau în procesul de germinare. Celulele vii răspund și influențează raportul ABA: GA și mediază sensibilitatea celulară. GA sporește, astfel, potențialul de creștere al embrionului și poate favoriza slăbirea endospermului. GA, de asemenea, afectează atât procesul ABA-independent, cât și pe cel ABA-inhibitor în cadrul endospermului (Gerhard, 2000). În plus, cercetătorii au ajuns la concluzia că germinarea împiedicată a unor semințe de roșii, iris și a unor soiuri de varză, s-a datorat prezenței inhibitorilor (ABA, acidului parasorbic și cumarinei), care au fost distribuite în plante și posedă proprietatea de a inhiba germinarea semințelor și alte fenomene de creștere (Cox et al, 1945; Veldstra & Havinga, 1945; Evenari, 1949; Meyer & Anderson, 1952).

Hormonii vegetali afectează germinarea semințelor și starea de latență, acționând asupra diferitelor părți ale semințelor, fapt demonstrat de El-Khodary și Moustafa în 1979, care au constatat că inhibitorii din semințele de piersic au fost cel puțin unul dintre factorii care controlează germinarea prin prevenirea sau încetinirea diviziunii celulare a radiclei. La *Lupinus angustifolius*, conținutul de auxine a crescut până în a cincea zi de germinare și a început să scadă în a șaptea zi. În mod opus, conținutul de giberelină a fost scăzut mai întâi, apoi a crescut, astfel încât a fost clar că a existat o legătură inversă între auxine și gibereline (Denisova et al., 1980). Procentul de germinare și rata de germinare a patru specii de *Acacia* studiate (*A. saligna*, *A. sophorae*, *A. ciclopis* și *A. melanoxydon*) au fost corelate pozitiv cu dezvoltarea endogenă și

negativ cu substanțele inhibitoare endogene din embrion și cotiledoanele lor (Youssef et al., 1991).

Avantajarea germinării de către gibereline și citokinine a fost demonstrată la multe specii de semințe (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1982; Briggs, 1973). Al-Kinany, în 1981, a tratat semințele de *Acacia longifolia*, cu GA3 la 100 și 200 ppm și a constatat că concentrația mai mare de GA3 (200 ppm) a fost mai eficientă în sporirea germinației, în timp ce concentrația de 500 ppm a fost cea mai bună în cazul de la *Acacia catechu* (Singh et al., 1985).

Krishnasamy și Palaniappan au constatat, în 1994, că semințele proaspete de *Acacia nilotica* și *Acacia albida* au fost complet germinate atunci când au fost imbibate într-o soluție de GA3 la 200 ppm timp de 12 ore. În timp ce îmbibarea semințelor de *Acacia nilotica* în acid giberelinic (100 sau 300 ppm timp de 16 ore) a fost cea mai eficientă (Patel et al., 1999), Bell și colaboratorii au studiat, în 2003, efectul GA3 la o concentrație de (50 ppm) pe 16 specii (patruspecii de salcâm) și au găsit un procent ridicat de germinare pentru toate speciile. Efectele acidului giberelinic și al citokininelor au fost, de asemenea, recunoscute asupra germinării altor semințe de plante. Pozdova a studiat în 1985 efectul kinetinei la diferite concentrații, asupra germinării semințelor de *Acer tataricum* și a găsit cel mai mare procent de germinare la concentrația de 500 ppm. Kovalev și Shipova au găsit în 1987 cel mai bun procent de germinare la îmbibarea semințelor de *Trifolium pratense* în 6 ppm 6-benzilaminopurină (6-BAP). Chhavi și Thakur au studiat, în 1989, efectul kinetinei la diferite concentrații (10, 25, 50 și 100 ppm) în semințele de *Cassia sophera* și au găsit cel mai mare procent de germinare la 100 ppm.

Tratarea semințelor de soia (*Glycine max*) proaspăt recoltate și vechi de 1 an cu 1 ppm 6-BAP a crescut procentul de germinare de la 50 la 85% în semințele proaspăt recoltate și la 75% în semințele mai vechi (Fujiki et al., 1989). S-a studiat efectul kinetinei și 6-BAP asupra germinării semințelor de *Vicia faba* iar Gupta a constatat, în 1996, o creștere a procentului de germinare la concentrația de 100 ppm kinetină, în timp ce Khan și colaboratorii au constatat, în 2000, că cel mai mare procent de germinare pentru *Vicia faba* a fost obținut la concentrația de 100 ppm 6-BAP. De asemenea, Youssef și colaboratorii, în 1991 și Soliman, în 2004, au raportat că stocarea are un efect advers asupra hormonilor din semințele de *Acacia saligna*, *Acacia Cyclopes*, *Acacia nilotica* și *Acacia albida*, care au conținut cea mai mică valoare de GA3, IAA și cel mai mare conținut de fenoli.

Hormonii vegetali pot atenua, de asemenea, stresul abiotic, cum ar fi seceta, temperaturile extreme și salinitatea (Bartsch et al., 2010; Lumba et al., 2010). Acțiunea acestor hormoni ca răspuns la situații de stres poate fi

dezvoltată prin activități sinergice sau antagonice (Fujita et al., 2006). De asemenea, Avan și colaboratorii au ajuns, în 2017, la concluzia că regulatorii de creștere a plantelor precum ABA, JA și etilena sunt implicați în reglarea răspunsului plantei la stresul abiotic. Citokininele sunt, de asemenea, capabile să îmbunătățească germinarea semințelor prin atenuarea stresurilor precum salinitatea, seceta, prezența metalelor grele și stresul oxidativ (Khan & Ungar, 1997; Atici et al., 2005, Nikolic et al., 2006; Peleg & Blumwald, 2011). Falkowska și colaboratorii au constatat, în 2011, că GA3 joacă un rol important în creșterea și metabolismul microalgei *Chlorella vulgaris* expuse la stresul metalelor grele și capacitatea sa de adaptare la un mediu acvatic poluat la nivel scăzut. Între timp, giberelinele conduc la îmbunătățirea creșterii de Zea în condiții de sol salin, prin îmbunătățirea nivelului de nutrienți și a permeabilității membranei (Tuna et al., 2008). De asemenea, interacțiunile hormonale dintre plante și bacteriile *Rhizobium* pot afecta toleranța plantelor la stres. Ca atare, planta și bacteriile pot fi modificate genetic, astfel încât să poată să funcționeze în mod optim în mai multe condiții, inclusiv de stres (Ghanem et al., 2011).

Scăderea conținutului de citokinină și acid giberelinic (GA3) și conținutul crescut de acid abscisic sunt adesea observate răspunzând la plantele supuse stresurilor de mediu (Atanasova et al., 2004; Bajguz, 2009). Aplicarea exogenă a regulatorilor de creștere a plantelor [cum ar fi citokinină sau antioxidanți (acid ascorbic) (Sadak & Dawood, 2014), extract de frunze de *Moringa* (*Moringa oleifera*) (Rajanandh et al., 2012; Moussa & Hassan, 2016), acid humic (HA) (Rady et al., 2016) sau extract de alge marine (SE) (Battacharya et al., 2015) ar putea fi o strategie alternativă de ameliorare, minimizare sau atenuare a efectelor adverse ale factorilor de stres abiotic asupra creșterii plantelor. Mai multe studii au indicat aceste rezultate la grâu (Azra et al., 2013) și spanac (Aslam et al., 2015). Soliman și Shanan au raportat, în 2017, că aplicarea foliară a extractului de *Moringa oleifera* MLE se dovedește a fi cel mai eficient regulator de creștere a plantei în reducerea expunerii plantelor (*Lagerstroemia indica* L.) la stresul de salinitate.

De asemenea, bio-fertilizarea conține microorganisme benefice, care cresc concentrația hormonilor vegetali, ceea ce a dus la îmbunătățirea randamentului, creșterii plantelor și absorbției de nutrienți în diverse condiții de mediu, cum ar fi salinitatea (Hussein & Haggag, 2003; Kang et al., 2014; Gupta et al., 2015; Soliman & Sakr, 2017), seceta și aprovizionarea cu fertilitate scăzută (Soliman, 2008; Aroca, 2009, Soliman et al., 2015). S-a dovedit și faptul că unele ciuperci endomicorizale (ciuperci microcizice arbusculare) atenuază stresul provocat de secetă; ele colonizează cortexul rădăcinii bio-trofice și dezvoltă un miceliu extra-metric, care ajută plantele să

dobândească substanțe nutritive minerale din sol, în special cele care sunt imobile. În condiții de secetă ele pot să stimuleze substanțele care reglează creșterea, să sporească fotosinteza, să îmbunătățească reglarea osmotică, să optimizeze echilibrul hormonal și să consolideze absorbția de apă (Colla et al., 2007).

Numeroase studii au descoperit, de asemenea, că stresul de salinitate poate fi diminuat la alune (Liu et al., 2005), la plantele de dovleac (Zhu et al., 2008), la *Moringa peregrina* (Soliman et al., 2015) prin utilizarea foliară a nano-îngrășămintelor. De asemenea, Ghaffari și Razmjoo (2015) au raportat că oxidul nano Zn-Fe joacă un rol important în atenuarea stresului salin și daunelor oxidative asupra celulelor plantelor prin activarea anumitor enzime antioxidante. În plus, Babaei și colaboratorii au raportat, în 2017, că aplicarea nanoxidului și bio-fertilizantului a redus efectele negative ale salinității, datorită contribuției sale la producerea hormonilor vegetali.

CONCLUZII

Acest articol arată că hormonii plantelor, inclusiv IAA, citokininele, etilena, gibberelinele și brasinosteroidii pot afecta pozitiv germinarea semințelor și creșterea răsadului pentru multe plante în condiții favorabile, în timp ce ABA are un efect negativ asupra germinării și creșterii semințelor.

De asemenea, această recenzie s-a axat pe rolul important al bacteriilor din sol pentru producerea hormonilor vegetali, sau ca o alternativă în cazul ratei scăzute de hormoni vegetali din plantă, ceea ce duce la germinarea, creșterea și producția semințelor. În plus, acest articol a furnizat numeroase studii care dovedesc că fitohormonii sunt foarte importanți pentru a depăși starea de latență și pentru a se realiza creșterea în condiții de stres. S-a mai axat asupra importanței aplicării exogene a regulatorilor de creștere a plantelor (citokinină sau antioxidanți, extract de frunze de *Moringa*, acid humic sau extract de alge marine, bio- sau nanofertilizatori), pentru îmbunătățirea productivității hormonilor vegetali, care duce la progres în creșterea celulară.

În cele din urmă, se poate afirma că hormonii plantelor sunt esențiali pentru creșterea celulelor, atât sub influența condițiilor interne și externe normale, cât și a celor de stres, inadecvate.

BIBLIOGRAFIE

- Abdelwahab MM, Soliman AS. 2017. Comparative study on the influence of organic fertilizer and soil amendments on evening primrose (*Oenothera biennis* L.). International Journal of Agricultural Research.12:52-63.
- Afroz A, Chaudhry Z, Khan R, Rashid H, Khan SA. 2009. Effect of GA3 on regeneration response of three tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum*). Pakistan Journal of Botany.41(1):143-15.

- Alexan D., Ianovici N. 2018. Defensive mechanisms of plants based on secondary metabolites. *BIOSTUDENT*, 1 (2): 51-58
- AL-Kinany P. 1981. Effect of some pre-treatment on seed germination and subsequent development at *Acacialongifolia* seedling. *Pakistan Journal of Forestry*. 31(3):81-88.
- Aroca R. Ruiz-Lozano JM. 2009. Induction of plant tolerance to semiarid environments by beneficial soil microorganisms—A review. *Sustainable Agriculture Reviews*;2:121-135.
- Aslam M, Sultana B, Anwar F, Munir H. 2015. Foliar spray of selected plant growth regulators affected the biochemical and antioxidant attributes of spinach in a field experiment. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*;39:1-10.
- Atanasova L, Pissarska MG, Popov GS, Georgiev GI. 2004. Growth and endogenous cytokinins of juniper shoots as affected by high metal concentrations. *Biologia Plantarum*;48:157.
- Atici O, Agar G, Battal P. 2005. Changes in phytohormone contents in chickpea seeds germinating under lead or zink stress. *Biologia Plantarum*;49:215-222.
- Awan K, Khurshid MY, Mehmood A. 2017. Plant growth regulators and their role in abiotic stress management Fahad. *The International Journal of Innovative Biosciences Research*;1(1):9-22.
- Azra Y, Basra SMA, Muhammad F, Hafeez ur R, Nazim H, Habib RA. 2013. Exogenous application of moringa leaf extract modulates the antioxidant enzyme system to improve wheat performance under saline conditions. *Plant Growth Regulation*;69:225-233.
- Babaei K, Sharifi RS, Pirzad A, Khalilzadeh R. 2017. Effects of bio fertilizer and nano Zn-Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum*L.) under salinity stress. *Journal of Plant Interactions*;12(1):381-389.
- Bajguz A. 2009. Brassinosteroid enhanced the level of abscisic acid in *Chlorella vulgaris* subjected to short-term heat stress. *Journal of Plant Physiology*;166:882.
- Bartsch M, Bednarek P, Vivancos PD, Schneider B, von Roepenack-Lahaye E, Foyer CH, et al. 2010. Accumulation of isochlorogenic acid derived 2,3-dihydroxybenzoic 3-O-β-D-xyloside in *Arabidopsis* resistance to pathogens and aging of leaves. *The Journal of Biological Chemistry*;285(33):25654-25665.
- Battacharya D, Babgohari MZ, Rathor P, Prithiviraj B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*;196:39-48.
- Bell DT, King LA, Plummer JA. 2003. Ecophysiological effect of light quality and nitrate on seed germination in species from Western Australia. *Australian Journal of Ecology*;24(1):2-10.
- Bewley and Black. 1994. *Seeds Physiology of Development and Germination*. 2nd ed. New York, USA: Plenum Press.
- Boboescu N.T., Ianovici N. 2018. Several aspects regarding plant senescence. *BIOSTUDENT*, 1 (2): 107-113
- Briggs DE. 1973. In: Milbrorow BV, editor. *Biosynthesis and Its Control in Plants*. New York: Academic Press. p. 219.
- Campbell N, Reec JB. 2002. *Biology*. 6th ed. San Francisco: Benjamin Cummings. ISBN: 978-0805366242.
- Chhavi T, Thakur C. 1989. Influence of different growth regulators on seed germination and seedling growth of *Cassia sophera* L. *Acta Botanica Indica*;17(2):187-191.
- Ciobanu D.G, Ianovici. N. 2018. Considerations regarding the mechanisms involved in regulating plant immunity to pathogen attack. *BIOSTUDENT*, 1 (2): 93-98
- Colla LM, Reinehr CO, Reichert C, Costa JAV. 2007. Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulinaplatensis* under different temperature, nitrogen sources. *Bioresource Technology*;98:1489-1493.
- Copeland LO. 1976. *Principles of Seed Science and Technology*. USA: Burgess Publishing Company; pp. 55-58.
- Cox Herald R, Clancy CF, Wolfe DM, Vanderscheer J. 1945. Report of Preliminary Studies on Tsutsugamushi (*Scrub typhus*). submitted to Natl. Research Council.
- Crawley MJ. 1997. *Plant Ecology*. 2nd ed. UK: Blackwell Science Ltd.

- Cui H, Wang Y, Xue L, Chu J, Yan C, Fu J, et al. 2010. *Pseudomonas syringae* effector protein AvrB perturbs *Arabidopsis* hormone signaling by activating MAP kinase. *Cell Host & Microbe*.7:164-175.
- Davies PJ. 2010. The plant hormones: Their nature, occurrence, and functions. *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. 1-15.
- Denisova GM, Dmitrieva TA, Viktorova VE. 1980. On the kinetics of endogenous growth substances in organs of seedlings of *Lupinus angustifolius*. In: *Fiziologiya Rostovykh Protessov*. Moscow: USSR, pp. 41-48.
- El-Khodary SES, Moustafa SM. 1979. Effect of a potent germination inhibitor of dormant Peach seeds on division of root cells. *Proc. Soudi Bio. Soci*.3:149-166.
- Evenari M. 1949. Germination inhibitors. *The Botanical Review*.15:153-194.
- Falkowska M, Pietryczuk A, Piotrowska A, Bajguz A, Grygoruk A, Czerpak R. 2011. The effect of gibberellic acid (GA3) on growth, metal biosorption and metabolism of the green algae *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae) Beijerinck exposed to cadmium and lead stress. *Polish Journal of Environmental Studies*.20(1):53-59.
- Fujiki T, Naito T, Akihama T. 1989. Promotion of germination and reduction of decrease of t RNA content in the embryo of aged seeds of soybean (*Glycine max* M.) treated with 6-benzylaminopurine. *Japanese Journal of Breeding*.39(1):1-7.
- Fujita M, Fujita Y, Noutoshi Y, Takahashi F, Narusaka Y, Yamaguchi- Shinozaki K, et al. 2006. Crosstalk between abiotic and biotic stress responses: A current view from the points of convergence in the stress signaling networks. *Current Opinion in Plant Biology*.9(4):436-442.
- Gerhard W. 2000. Seed Dormancy. In: *The Seed Biology Place*. Royal Holloway University of London.
- Ghaffari H, Razmjoo J. 2015. Response of durum wheat to foliar application of varied sources and rates of iron fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Technology*.17:321-33.
- Ghanem M, Hichri I, Smigocki A, Albacete A, Fauconnier M, Diatloff E et al. 2011. Root-targeted biotechnology to mediate hormonal signaling and improve crop stress tolerance. *Plant Cell Reports*.30:807-823.
- Grudnicki M., Ianovici N.. 2014. *Noțiuni teoretice și practice de Fiziologie vegetală*, Ed. Mirton, Timișoara, 289 p.
- Gupta G, Parihar SS, Ahirwar NK, Snehi SK, Singh V. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*.7:096-102.
- Gupta M. 1996. Effect of growth regulators on foliar stomata of *Vicia faba* L. *Advances in Plant Sciences*.5(2):483-495.
- Hauvermale AL, Ariizumi T, Steber C. 2012. Gibberellin signaling: A theme and variations on DELLA repression. *Plant Physiology*.160:83-92.
- Hussein MMM, Haggag AA. 2003. Effect of irrigation intervals and salt concentrations on the growth and chemical composition of *Asclepias curassavica* L. *Annals of Agricultural Sciences*;48(1):307-327.
- Hyunggook K, Donggeun C, Inkyu K. 2008. Effect of growth regulator treatments on quality and growth in 'Gailiangmeru' grape (*Vitis* spp.). *Acta Horticulturae*.772:319-322.
- Ikeda S, Okubo T, Anda M, Nakashita H, Yasuda M, Sato S, et al. 2010. Community- and genome-based views of plant-associated bacteria: Plant-bacterial interactions in soybean and rice. *Plant & Cell Physiology*. 51:1398-1410.
- Ikuma I, Thimann KV. 1963. Metabolic control of germination. In: *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*. Amsterdam, New York, Oxford: North Holland Publ. Co.
- Kang SM, Khan A, Waqas M, You YH, Kim JH, Kim JG, et al. 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in *Cucumis sativus*. *Journal of Plant Interactions*;9(1):673-682.

- Khalil FA, EL-Aref KAO. 2001. Biofertilizers as partner with mineral N-fertilizer for fertilizing wheat crop cultivar Sids 6. *Journal of Agricultural Science, Mansoura University*;26:8287-8295.
- Khan AA, Ansari M, Talat K, Neelu K, Khursheed T, Kalra N. 2007. Studies on the effect of 6-benzyl aminopurine on meiosis in feba bean (*Vicia faba*L.). *Advances in Plant Sciences*;11(2):121-125.
- Khan MA, Ungar IA. 1997. Alleviation of seed dormancy in the desert forb *Zygophyllum simplex* L. from Pakistan. *Annals of Botany*;80:395-400.
- Kovalev VM, Shipova EV. 1987. Increasing the adaptive capacity of plants using physiologically active substances. In: *VestnikSel'skokozyaistvennoiNauki*. Vol. 2. Moscow: USSR; pp. 74-78.
- Krishnasamy V, Palaniappan M. 1994. Studies on seed dormancy in brinjal var. 'Annamalai'. *South Indian horticulture*.38(1):42-44.
- Lindsey K, Casson S, Chilley P. 2002. Peptides: New signalling molecules in plants. *Trends in Plant Science*;7(2):78-83.
- Liu XM, Zhang FD, Zhang SQ , He XS, Fang R, Feng Z, et al. 2005. Effects of nano-ferric oxide on the growth and nutrients absorption of peanut. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*;11:14-18.
- Lumba S, Cutler S, McCourt P. 2010. Plant nuclear hormone receptors: A role for small molecules in proteinprotein interactions. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*;26:445-469.
- Maheshwari LB. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Evaluation of its effects on vegetable crop yield and water productivity [thesis]. New South Wales: Western Sydney University.
- Marek K, Skorupska A. 2001. Production of B-group vitamins by plant growth promoting *Pseudomonas fluorescens* strain 267 and importance of vitamins in the colonization and nodulation of red clover. *Biology and Fertility of Soils*;33:146-151.
- Mato MC, Olmedo MG, Mendez J. 1972. Inhibition of indoleacetic acidoxidase by soil humic acids fractionated on sephadex. *Soil Biology and Biochemistry*;4:469-473.
- Mayer AM, Poljakoff-Mayber A. 1982. *The Germination of Seeds*. 3rd ed. Oxford, UK: Pergamon Press.
- Meyer BS, Anderson DB. 1952. *Plant Physiology*. 2nd ed. Canada: D. Van Nostrand Company, Ltd; pp. 709-715.
- Miransari M, Abrishamchi A, Khoshbakht K, Niknam V. 2014. Plant hormones as signals in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Critical Reviews in Biotechnology*;34(2):123-133.
- Moussa HR, Hassan MA-E. 2016. Growth enhancers to mitigate salinity stress in *Vicia faba*. *International Journal of Vegetable Science*. 22(3):243-250.
- Nikolic R, Mitic N, Miletic R, Neskovic M. 2006. Effects of cytokinins on in vitro seed germination and early seedling morphogenesis in *Lotuscorniculatus* L. *Journal of Plant Growth Regulation*. 25:187-194.
- Öpik H, Rolfe SA, Willis AJ, Street HE. 2005. *The Physiology of Flowering Plants*. 4th ed. Cambridge University Press; p. 191. ISBN 978-0-521-66251-2.
- Patel VS, Kukadia MU, Vashi BG, Jadeja DB. 1999. The improvement of germination and seedling growth of *Acacia nilotica*(Linn.) Wild. by scarification methods. *Gujarat Agricultural Universities Research Journal*;21(2):149-151.
- Peleg Z, Blumwald E. 2011. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 14:290-295.
- Pozdova LM. 1985. Changes of cytokinin activity during breaking dormancy in seeds. *Soviet Plant Physiology*;32(2):368-374.
- Rady MM, Abd El-Mageed TA, Abdurrahman HA, Mahdi AH. 2016. Humic acid application improves field performance of cotton (*Gossypiumbarbadense* L.) under saline conditions. *Journal of Animal and Plant Sciences*;26(2):487-493.

- Rajanandh MG, Satishkumar MN, Elango K, Suresh B. 2012. *Moringaoleifera* Lam. a herbal medicine for hyperlipidemia: A preclinical report. Asian Pacific Journal of Tropical Disease;2:S790-S795.
- Randolph LF, Cox LG. 1943. Factors influencing the germination of Iris seed and the relation of inhibiting substances to embryo dormancy. Proceedings of the American Society for Horticultural Science;43:284.
- Roszer T. 2012. Nitric oxide synthesis in the chloroplast. In: Roszer T, editor. The Biology of Subcellular Nitric Oxide. New York, London, Heidelberg, Springer; ISBN 978-94-007-2818-9.
- Sadak MS, Dawood MG. 2014. Role of ascorbic acid and α tocopherol in alleviating salinity stress on flax plant (*Linum usitatissimum* L.). Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 10(1):93-111.
- Santner A, Calderon-Villalobos L, Estelle M. 2009. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. Nature Chemical Biology. 5:301-307.
- Shapiro AD. 2005. Nitric oxide signaling in plants. Vitamins and Hormones. 72:339-398.
- Singh SS, Sharma BN, Paliwal GS. 1985. Effect of Niagara and GA3 on seed germination, early seedling growth, and cotyledonary expansion of *Acaciacatechu* Willd. Indian Journal of Forestry. 8(1):41-46.
- Sipes DL, Einset JW. 1983. Cytokinin stimulation of abscission in lemon pistil explants. Journal of Plant Growth Regulation. 2(1-3):73-80.
- Soliman AS, Abdelwahab MM. 2013. Response of *Adansoniadigitata* to compost and zeolite in replacement of chemical fertilization. American- Eurasian Journal Of Agricultural & Environmental Sciences. 13(2):198-206.
- Soliman AS, El-feky SA, Darwish E. 2015. Alleviation of salt stress on *Moringaperegrina* using foliar application of nanofertilizers. Journal of Horticulture and Forestry. 7(2):36-47.
- Soliman AS, Morsy EM, Massoud ON. 2015. Tolerance of bio-fertilized *Delonixregia* seedlings to irrigation intervals. Journal of Horticulture and Forestry;6(3):73-83.
- Soliman AS, Sakr WRA. 2017. Improving tolerance of *Vachelliafarnesianaplants* to irrigation water salinity by using bio-inocula under sandy soil conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 17(1):01-21.
- Soliman AS, Shanan NT. 2017. The role of natural exogenous foliar applications in alleviating salinity stress in *Lagerstroemia indica*L. seedlings. Journal of Applied Horticulture.19(1):35-45.
- Soliman AS. 2004. Studies on ssed germination and seedling growth of some African Acacias [thesis]. Institute of African Research and Studies, Cairo Univ.; pp. 6-11.
- Soliman AS. 2008. Effect of Rhizobia isolated from some Acacias of on growth of *Acacia nilotica*under some stress conditions in North Africa [thesis]. Department of Natural Resources, Institute of African Research and Studies, Cairo University.
- Swarup R, Perry P, Hagenbeek D, Van Der Straeten D, Beemster GT, Sandberg G, et al. 2007. Ethylene upregulates auxin biosynthesis in *Arabidopsis* seedlings to enhance inhibition of root cell elongation. The Plant Cell. 19(7):2186-2196.
- To JP, Kieber JJ. 2008. Cytokinin signaling: Two-components and more. Trends in Plant Science. 13:85-92.
- Tsai FY, Lin CC, Kao CH. 1997. A comparative study of the effects of abscisic acid and methyl jasmonate on seedling growth of rice. Plant Growth Regulation. 21(1):37-42.
- Tuna AL, Kaya C, Dikilitas M, Higgs D. 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany. 62(1):1-9.
- Van der Knaap E, Kim JH, Kende H. 2000. A novel gibberellins induced gene from rice and its potential regulatory role in stem growth. Plant Physiology. 122:695-704.
- Veldstra H, Havinga E. 1945. Enzymologia. Amsterdam. 11:373.
- Youssef EMA, Badawy ESM, Heikal EA, Sakr SS. 1991. Studies on the germination of different *Acacia* species. Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University. 42(3):849-868.

ALEXAN & SUBONJ : Considerations on plant growth hormones

- Zhu H, Han J, Xiao JQ ,Jin Y. 2008. Uptake, translocation and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. *Journal of Environmental Monitoring*. 10:713-717.