بررسی تاثیر جاذبه مریخ بر کشت گیاه لوبیا در بستر کوکوپیت و پرلیت

فاطمه قلجائی[۱]، مریم صلواتی فر[۲*]، حسن اعتصامی[۳]، بابک متشرع زاده[۴]

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، fatemeh.ghaljaei@ut.ac.ir

۲- استادیار، پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، salavati@ari.ac.ir

۳- استادیار، دانشگاه تهران، hassanetesami@ac.ir

۴- استاد، دانشگاه تهران، moteshare@ut.ac.ir

*مریم صلواتی‌فر

چکیده

با افزایش تعداد مطالعات مربوط به فضا، یک زمینه مطالعاتی مهم جهت سیستم‌های پشتیبان حیات قابل اعتماد و بلندمدت مبتنی بر زیست‌شناسی برای پروازهای فضایی طولانی مدت بنا شده است. برای اکتشاف فضایی پایدار نیاز به تامین مواد غذایی وجود دارد. سوای از مواد غذایی ارسال شده از زمین، تولید دائمی آن ضروری به نظر می‌رسد، همچنین کشت گیاهان می‌تواند به عنوان منبع تولید اکسیژن نیز در حین سفر فضایی در نظر گرفته شود. با این وجود، تاثیر میزان گرانش در توسعه محصول باید در نظر گرفته شود. از این رو این مطالعه به بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهچه‌های لوبیا در شرایط گرانش شبیه‌سازی‌شده مریخ پرداخته است. در این پژوهش بسترهای کوکوپیت + پرلیت حاوی بذر لوبیا در سه تکرار بر روی دستگاه کلینواستت دو بعدی با سرعت rpm ۲ و گرانش شبیه‌سازی‌شده مریخ (۰/۳۸g) به مدت ۱۰ روز قرار داده شد در حالی که بسترهای شاهد در شرایط گرانش زمین(1g) قرار گرفتند و سپس به گلخانه منتقل و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نگهداری شدند. نتایج نشان داد که ارتفاع گیاهان در شرایط شبیه‌سازی شده گرانش مریخ نسبت به گیاهان در شرایط گرانش زمین بیشتر و این تفاوت معنادار بود اما در مورد سایر گیاهان مورد بررسی، تفاوت معناداری بین گیاهان مشاهده نشد.

واژه های کلیدی: *گرانش شبیه‌سازی‌شده- کلینواستت- فازئولی ولگاریس –کوکوپیت- پرلیت*

۱- مقدمه

گیاه‌شناسی اختر زمینه جدیدی از شاخه تحقیقاتی علم است که در آن گیاهان تحت شرایط حاکم در پروازهای فضایی برای کمک به درک زندگی در محیط فضایی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. پس از اینکه محققان پروازهای فضایی را آغاز کردند، مسیر رشد گیاهان نیز در پروازها آغاز شد [۱].

دو هدف اصلی برای کشت گیاهان در فضا وجود دارد. دلیل اول این است که محققان می‌توانند تأثیر گرانش را در کنترل فرآیندهای بیولوژیکی در پروازهای فضایی بررسی کنند. دلیل دوم این است که ما می‌توانیم یک سیستم حمایت از حیات بیولوژیکی ایجاد کنیم تا در طول پروازهای فضایی طولانی مدت، غذا و فواید روانی را برای فضانوردان فراهم کنیم [۲].

ریزگرانش یکی از ویژگی‌های اصلی محیط فضایی است. چندین تحقیق تحت ریزگرانش واقعی بر روی رشد گیاهان با استفاده از پروازهای فضایی انجام شده است، یکی از این تحقیقات در ایستگاه فضایی بین‌المللی (ISS)[۱] به نام آزمایش‌های گیاهی پیشرفته[۲] (APEX) انجام شده است. آزمایش‌های میکروگرانشی پرواز فضایی کمیاب و پرهزینه هستند. بنابراین، یک تاسیسات زمینی جایگزین، کلینواستت (Clinostat) در نظر گرفته شد [۳]. کلینواستت ها ابزارهایی هستند که در تلاش برای به حداقل رساندن یا حتی جبران اثر شتاب گرانش روی زمین [۶-۴] از طریق چرخش مداوم توسعه یافته اند. گیاهان تحت یک محیط گرانشی ثابت در اینجا روی زمین تکامل یافته اند، و شرایط گرانشی تغییر یافته، مانند ریزگرانش، می‌تواند تغییراتی را در رشد و نمو گیاهان در سطوح مورفولوژیکی، مولکولی و سلولی ایجاد کند [۷].

برخی از آزمایش‌ها نشان داده‌اند که ریزگرانش مورفولوژی و فیزیولوژی سیستم‌های بیولوژیکی را تغییر می‌دهد. تمایز، تکثیر، متابولیسم و اندازه برخی از ویژگی های سلولی هستند که تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۸،۹]. بسیاری از تحقیقات نشان داده اند که در بیشتر مواقع تاثیر ریزگرانش شبیه‌سازی‌شده بر روی گیاهان بر روی بیوشیمیایی گیاهان مثبت است [۱۰]، بنابراین رشد و نمو آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۱]. محیط ریزگرانش گیاهان را به ویژه از طریق فعالیت‌های فیزیولوژیکی خود تحت تأثیر قرار می‌دهد، حرکت آب و مواد مغذی به دور سلول‌ها منجر به فعالیت آنزیمی بالا می‌شود .علاوه بر این، سرعت تقسیم سلولی زیاد است و همچنین گیاهان همیشه درازتر می‌شوند [۱۲]. گزارش اولوافمی و اولوبی (Oluwafemi and Olubiyi) نشان دهنده نرخ رشد بهتر ذرت تحت ریزگرانش شبیه سازی شده با استفاده از کلینواستت است [۱۳].

پرلیت به عنوان یک بستر به طور گسترده استفاده می‌شود زیرا علاوه بر سبک بودن بی‌اثر است و به راحتی در محصولاتی مانند گوجه فرنگی استفاده می‌شود. پرلیت همچنین می‌تواند چندین بار مورد استفاده مجدد قرار گیرد، در نتیجه هزینه‌ها را کاهش می‌دهد [۱۴]. یک یافته مهم در

۱- International Space Station

۲Advanced Plant Experiments

مورد استفاده از پرلیت، به ویژه برای محصولات بدون خاک میزان ماندگاری مواد مغذی است [۱۵]. اختلاط پرلیت با مواد دیگر مانند کوکوپیت برای ایجاد کامپوزیت‌ها باعث ایجاد خواص بهتر برای ایجاد بسترها شده است[۱۶]. کوکوپیت یاالیاف نارگیل یکی از مواد تشکیل دهنده محیط کشت است که در کشورهای گرمسیری به وفور یافت می‌شود [۱۷].

لوبیا (Phaseolus vulgaris L) سومین لگوم مهم غذایی است که در سراسر جهان کشت می‌شود. این لگوم ارزش غذایی بسیار بالایی دارد و جزء مهم غذایی انسان است [۱۸]. لوبیا همچنین سرشار از پروتئین، کربوهیدرات، فیبر غذایی است و منبع خوبی از آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و همچنین مواد معدنی است [۱۹]. بنابراین هدف ما در این پژوهش بررسی تأثیر ریزگرانش بر روی گیاه لوبیا و مقایسه صفات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه تحت کنترل گرانش سطح زمین با آزمایش ریزگرانشی شبیه‌سازی‌شده انجام شد.

۲- مواد و روش ها

بذر لوبیا (Phaseolus vulgaris) رقم الماس انتخاب و پس از ضدعفونی با مایه تلقیح مایع رایزوبیوم فازئولی (Rhizobium phaseoli) به مدت چهار ساعت به منظور جوانه‌زنی در انکوباتور قرار داده شد و در هنگام ظهور ریشه چه، بذر به بستر کشت کوکوپیت (۶۰٪) + پرلیت (۴۰٪) نسبت منتقل و مجددا با باکتری تلقیح شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با تیمار گرانش شبیه سازی شده مریخ (قرار گیری بذر بر روی دستگاه کلینواستت) و شاهد (قرارگیری بذر روی زمین) در ۳ تکرار انجام شد. در این مطالعه برای شبیه‌سازی گرانش مریخ از دستگاه کلینواستت دو بعدی استفاده شد (شکل۱). سرعت دستگاه روی rpm ۲ تنظیم شد. مدت زمان رویش گیاهچه‌های لوبیا در شرایط ریزگرانش ۱۰ روز بود. گیاهچه‌ها پس از گذشت ده روز به گلخانه با دمای ۲۷-۲۵ در جه سلیوس و رطوبت ۸۰٪ منتقل شدند. در ابتدا محلول هوگلند نیتروژن دار [۲۰] به عنوان استارتر به همه بسترها اضافه شد و در ادامه رشد گیاه، دور آبیاری ۷ روزه با محلول هوگلند بدون نیتروژن [۲۱] در نظر گرفته و انجام شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک پارامترهای ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه، تعداد گره و حجم ریشه اندازه گیری شد. داده‌ها با نرم افزار Sas9.4 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت و ترسیم شد.

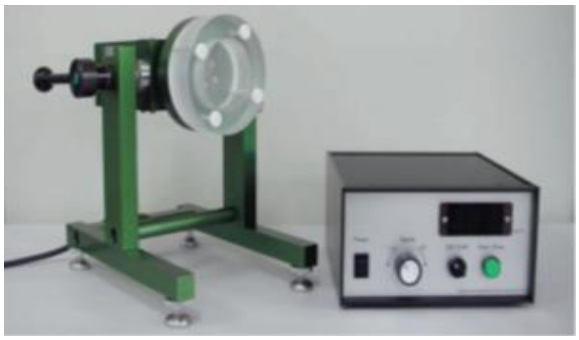
۲- نتایج و بحث

نتایج نشان داد اثر گرانش شبیه‌سازی‌شده مریخ بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج بیشترین ارتفاع بوته در شرایط گرانش شبیه‌سازی‌شده (۹۲/۶۶ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع بوته (۷۹/۶۶ سانتی‌متر) در تیمار شاهد به دست آمد. گرانش شبیه-سازی‌شده توانست موجب افزایش ۱۶/۳۲ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با شاهد شود (نمودار ۱). محققان در پژوهشی گزارش کردند ارتفاع بوته بذر ماش رشد کرده در شرایط گرانش شبیه‌سازی‌شده به دلیل جذب آب بیشتر در مرحله جوانه زنی بذر، فعالیت بیشتر آنزیم آلفا آمیلاز و رشد بیشتر و بهتر گیاهچه، بیشتر بود. آنها همچنین بیان کردن افزایش بیان ژن آکواپورین در شرایط گرانش شبیه‌سازی‌شده می‌تواند محرک اصلی برای رشد رویشی و ارتفاع بودته باشد (۲۲).

گزارش‌های منتشر شده نشان دهنده افزایش، کاهش یا عدم اثر قابل توجهی در سرعت رشد گیاهان پس از عملیات شبیه سازی شده یا واقعی ریزگرانش است. تأثیر گرانش شبیه‌سازی‌شده روی گیاهان نیز می‌تواند مبنای فیزیولوژیکی داشته باشد (۲۳). به وضوح بیان شد که در شرایط گرانش شبیه سازی شده سرعت جوانه زنی ذرت افزایش یافته است یعنی کلینوروتیشن بر سرعت رشد شاخساره‌های ذرت تاثیر مثبت داشته است [۲۴].

برخی صفات عملکردی و موفولوژیکی گیاه لوبیا مانند تعداد برگ، تعداد دانه، وزن خشک دانه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی در شرایط گرانش شبیه‌سازی‌شده مریخ نسبت به شاهد روند افزایشی داشته‌اند (نمودار ۶-۲) و صفات دیگر روند کاهشی داشته‌اند که این تفاوت در سطح احتمال $P<۰/۰۵$ معنادار نبود (جدول ۲ و ۱).

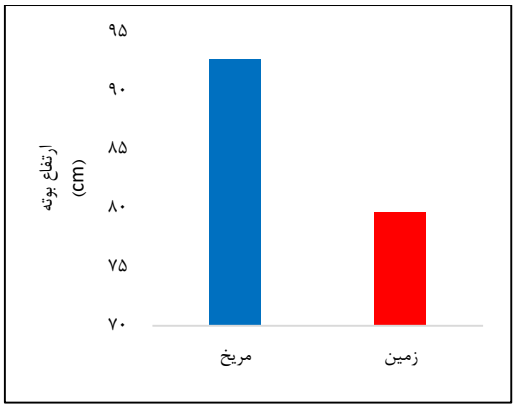
محققان تأثیر گرانش شبیه‌سازی‌شده بر رشد، عملکرد و کیفیت سبزیجات برگ‌دار: کاهو[۳] و آروگولا[۴] را تحت یک سیستم هیدروپونیک بسته بررسی کردند. درصد جوانه‌زنی آروگولا تحت تأثیر گرانش شبیه‌سازی‌شده قرار گرفت که بیشترین مقدار مشاهده‌شده در تیمار شاهد بود. گرانش شبیه-سازی‌شده بر کیفیت (کل کربوهیدرات‌ها، تری‌گلیسیریدها، کاروتنوئیدها و ویتامین C) گیاهچه‌های آروگولا تأثیری نداشت. وزن‌تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، وزن خشک ویژه برگ، وزن خشک‌ریشه و نسبت اندام هوایی به ریشه در گیاهان کاهوی تحت ریزگرانش نسبت به گیاهان رشد یافته در تیمار شاهد کمتر بود. عدم وجود تفاوت در پارامترهای کیفی بین گیاهچه‌های کنترل و ریزگرانش نشان داد که گیاهچه‌های آروگولا می‌توانند منبع مهم غذای تازه سالم برای فضانوردان در طول مأموریت‌های فضایی در نظر گرفته شوند [۲۵].



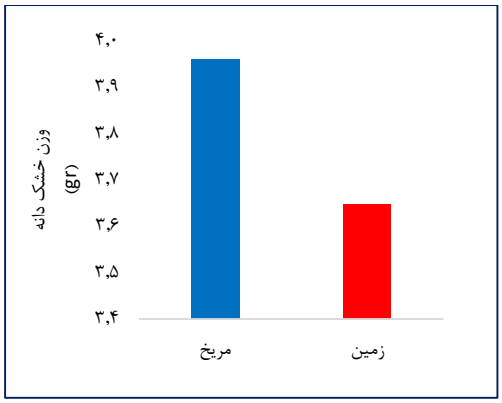
شکل ۱- کلینواستت دو بعدی

[۳] Lactuca sativa L

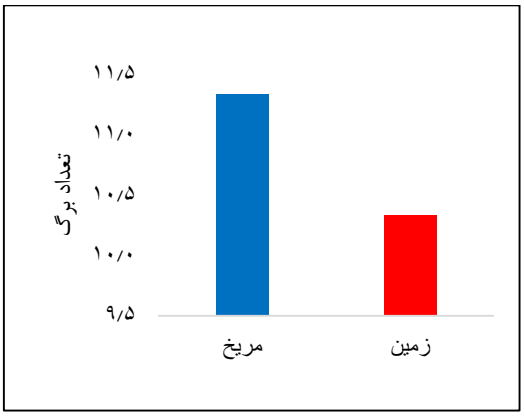
[۴] Eruca sativa Mill



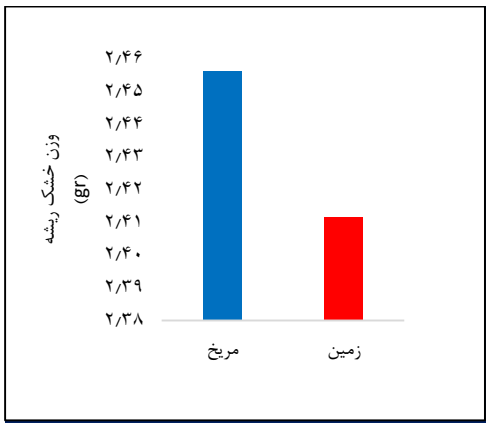
نمودار ۱- میانگین ارتفاع بوته



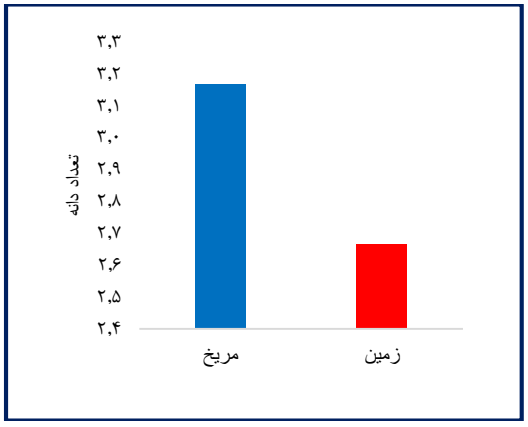
نمودار ۴- وزن خشک دانه



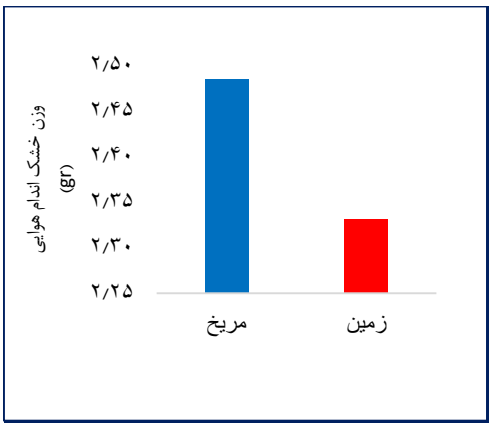
نمودار ۲- تعداد برگ



نمودار ۵- وزن خشک ریشه



نمودار ۳- تعداد دانه



نمودار ۶- وزن خشک اندام هوایی

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ریزگرانش‌شبیه‌سازی‌شده بر صفات مورفولوژیکی لوبیا

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ	تعداد گره	حجم ریشه	وزن خشک ریشه
تیمار	۱	۲۵۳/۵۰*	۱/۵ns	۳۸۴ns	۸۰/۶۶ns	۰/۰۰۲۹ns
خطا	۴	۲۵/۳۳	۲/۳۳	۵۲۶	۳۰/۱۶	۰/۰۴
ضریب تغییرات	---	۵/۸۴	۱۴/۱	۹/۸۴	۱۱/۳۶	۹/۱۷

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر گرانش شبیه‌سازی‌شده بر صفات عملکردی لوبیا

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف	تعداد دانه	وزن خشک دانه	وزن خشک اندام هوایی
تیمار	۱	۰/۱۶ns	۰/۳۷ns	۰/۱۴ns	۰/۰۳۵ns
خطا	۴	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۰۷
ضریب تغییرات	---	۹/۷۹	۱۴/۴۲	۹/۷۷	۱۱/۰۳

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار

۴-نتیجه گیری

با توجه به ارزش غذایی لوبیا در تغذیه انسان بهبود وضعیت سرعت رشد گیاهان به افزایش بازده محصولات کمک می‌کند، که عامل مهمی برای تغذیه جمعیت رو به رشد جهان است. در این مطالعه، گرانش شبیه‌سازی‌شده با استفاده ازکلینواستت دوبعدی توانست باعث افزایش سرعت رشد شاخساره لوبیا شود. بنابراین، به نظر می‌رسد ریزگرانش شبیه‌سازی‌شده کلینواستت اثرات مفیدی بر ساختار داخلی گیاهچه‌ها قبل از انتقال به گلخانه داشته باشد تا رشد گیاه محصول بهتر و کیفیت غذایی محصول تولیدی بیشتر شود بنابراین، "تنش فضایی شبیه سازی شده" گیاهان در مراحل اولیه گیاهچه می‌تواند سودمند باشد. همچنین عدم وجود تفاوت در برخی پارامترهای عملکردی و مورفولوژیکی گیاهچه‌های کنترل و ریزگرانش نشان داد که گیاهچه‌های لوبیا می‌توانند منبع مهم غذای تازه سالم برای فضانوردان در طول مأموریت‌های فضایی در نظر گرفته شوند.

۱- مراجع

[1] R. Barker and S. *Gilroy, Life in space isn't easy, even if you are green, The Biochemist, 39(6), 10-13.* https://doi.org/10.1042/BIO03906010

[2] J. P. Vandenbrink, and J . Z. Kiss, Space, the final frontier: "A critical review of recent experiments performed in microgravity," Plant Science 2016 , 243, pp.115-119, 2016. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.11.004

[3] B. Dunbar NASA – Our experiments, 2018. Available:https://www.nasa.gov/spacebio/our experiments (Accessed 15 July 2020).

[4] R. R. DEDOLPH, M. H. DIPERT, "The physical basis of gravity stimulus nullification by clinostat rotation", P1. Physiol, pp. 47:756-764, 1971.

[5] T. HOSON, S. KAMISAKA, Y. MASUDA, M. YAMASHITA, B. BUCHEN, "Evaluation of the three-dimensional cIinostat as a simulator of weightlessness", Planta, pp. 203:$187-S197, 1997.

[6] A.H. BROWN, A.O. DAHL, D.K. CHAPMAN, "Limitation on the use of the horizontal clinostat as a gravity compensator", Pl. Physiol, pp. 58:127-130, 1976.

[7] H. Q. Zheng, F. Han, , J. Le, "Higher plants in space: microgravity perception", response, and adaptation. *Microgravity Sci*, Technol, 27, pp. 377–386 (2015)

[8] A. K. Strohm, G. A. Barrett-Wilt, P. H. Masson, "A functional TOC complex contributes to gravity signal transduction in Arabidopsis", Front. *Plant Sci*., 5, 148, 2014.

[9] M. Sugimoto, Y. Oono, O. Gusev, , T. Matsumoto, T. Yazawa, , M. A. Levinskikh, V. N Sychev, G. E. Bingham, , R. Wheeler, M. Hummerick, "Genome-wide expression analysis of reactive oxygen species gene network in Mizuna plants grown in long-term spaceflight" , *BMC Plant Biol*, 14, 4, 2014.

[10] S. M.Raghad, I. Munawar, Q. Afzal, A. M. Lamiaa , B. R. Ibrahim, A. Mazhar, H. Fida, "Effect of gravistimulation on amino acid profile of pea, rice, corn, wheat during early growth stages, Information Processing in Agriculture", pp. 3:244-251, 2016.

[11] S. S. Jagtap, R. B. Awhad, B. Santosh, "Effects of clinorotation on growth and chlorophyll content of rice seeds", *Microgravity Sci*, Technol, 23:pp .41-48, 201.

[12] M. Sugimoto, Y. Oono, O. Gusev, , T. Matsumoto, T. Yazawa, M. A. Levinskikh, V. N. Sychev, G. E.Bingham, R. Wheeler, M. Hummerick, "Genome-wide expression analysis of reactive oxygen species gene network in Mizuna plants grown in long-term spaceflight", *BMC Plant Biol*, 14: 4. 2014.

[13] F. A. Oluwafemi, R. A. Olubiyi, "Investigation of corn seeds growth under simulated microgravity", Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment (AZOJETE). Centre for Satellite Technology Development Special Issue: Space Science and Technology for Sustainable Development, ,15(SP.i2), 110-115, Print ISSN: 1596- 2490, Electronic ISSN: 2545-5818, 2019.

[14] R. A. Acuña, S. Bonachela, J. J. Magán, O. Marfà, J. H. Hernández, R. Cáceres, "Reuse of rockwool slabs and perlite grow-bags in a low-cost greenhouse", substrates' physical properties and crop production. Sci. Hortic. 160, 139–147, 2013 https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.031.

[15] D. Sanjuan-Delmás, P. Llorach-Massana, A. Nadal, E. Sanyé-Mengual, A. Petit-Boix, M. Ercilla-Montserrat, O. Pons, "Improving the Metabolism and Sustainability of Buildings and Cities through Integrated Rooftop Greenhouses (I-RTG)", Springer, Cham, pp. 53–72, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67017-1_3.

[16] X. Li, H. Chen, L. Liu, Z. Lu, J. G. Sanjayan, W. H. Duan, "Development of granular expanded perlite/paraffin phase change material composites and prevention of leakage", Sol. Energy 137, 179–188, 2016. https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.08.012.

[17] Y. Awang, A. Shazmi Shaharom, R. B. Mohamad, A. Selamat, “Growth dynamics of Celosia cristata grown in cocopeat, burnt rice hull, and kenaf core fiber mixtures”, American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 5(1), 70–76, 2010.

[18] A. Pratab, J. Kumar, “Biology and breeding of food legumes”, Wallingford, CABI, P. P. Reddy, , M. S. Rao, M. Nagesh, Management of citrus nematode, Tylenchulus semipenetrans, by integration of Trichoderma harzianum with oil cakes. Nematologia Mediterranea,24,265–267, 2011 .

[19] R. Campos-Vega, G. Loarca-Piña, B. D. Oomah, “Minor components of pulses and their potential impact on human health” *Food research international*, *43*(2), 461-482, 2010.

[20] D. R. Hoagland, D. I. Arnon, “The water-culture method for growing plants without soil” Circular, *California agricultural experiment station*, 347(2nd edit), 1950.

[21] D. R. Hershey, “Solution culture hydroponics” history & inexpensive equipment, *The American Biology Teacher*, *56*(2), 111-118, 1994.

[22] S. Nakajima, M. Nagata, A. Ikehata, “Mechanism for enhancing the growth of mung bean seedlings under simulated microgravity”, npj Microgravity, 7(1), 1-5, 2021.

[23] G.L. Howard, “The Influence of microgravity on plants. NASA Surface Systems Office”, In Space Life Sciences Laboratory, Mail Code NE-S-1, Kennedy Space Center, FL 32899; *NASA ISS Research Academy and Pre-Application Meeting; South Shore Harbour Resort & Conference Center*: League City, TX, USA, 2010.

[24] F.A. Oluwafemi, O. Ibraheem, T.H. Fatoki, “Clinostat microgravity impact on shoot morphology of selected nutritional and economic crops”, *Plant Cell Biotechnol. Mol*, Biol., 21, 92–104.2020.

[25] C. M. Rivera, A. Battistelli, , S. Moscatello, S. Proietti, Y. Rouphael, M. Cardarelli, G. Colla, “Influence of simulated microgravity on growth, yield, and quality of leafy vegetables”, lettuce and rocket. European Journal of Horticultural Science, 71(1), 45, 2006.