

BRASSICA RAPA – DESCRIPTION, CROP MANAGEMENT AND UTILITIES

Lavinia-Nicoleta SUCIONI, Ioana-Maria TOPLICEAN*, Adina-Daniela DATCU

¹Biology Department, Environmental Biology and Biomonitoring Research Center, Faculty of Chemistry, Biology, Geography, West University of Timisoara, Romania

*Corresponding author e-mail: ioana.toplicean03@e-uvv.ro

Received 20 March 2024; accepted 29 July 2024

ABSTRACT

The aim of this review is to describe recent advances in rapeseed crop management and utilities. Brassica rapa is an important crop because it is cultivated worldwide on a fairly wide scale, it is part of the most cultivated crop categories. It has a fairly wide distribution also from a geographical point of view because there are varieties that have a greater resistance to cold. As a nutritional requirement, water is considered a major regulator of seed germination, but along with water, temperature plays a fairly important role. Some studies have shown that the application of biochar would help retain nutrients from the soil and result in higher growth yield. In addition to its very wide distribution, rapeseed is also used for numerous purposes, from providing food for animals as fodder, in alimentation as rapeseed oil which is considered to have many benefits, this crop ensures the production of biogas and biofuel that is desired to be a replacement for today's diesel, although combinations of petroleum diesel and rapeseed biodiesel have been successful without modifying the engine, government implementations are needed to move away from petroleum diesel and use biodiesel.

KEYWORDS: rapeseed, biofuel, crop, biogas, oilseed

Introducere- aspecte generale

În comparație cu producția altor semințe oleaginoase, cea de rapiță a crescut semnificativ în ultimii douăzeci de ani la nivel mondial. Uleiul de soia este a doua cea mai mare cantitate de ulei comestibil produs din lume, după cel de rapiță (Rekas și colab., 2016). Sunt cultivate aproximativ 31 de milioane de hectare de rapiță și 60 de milioane de tone de sămânță sunt produse în fiecare an (Yang și colab., 2013). Ca exemplu, suprafața de cultură a rapiței în Polonia a crescut cu 1 milion de hectare, iar producția de ulei de rapiță a ajuns la 2,8 milioane de tone. Producția globală de ulei de acest tip a ajuns la 26,98 milioane de tone în 2013 și 2014 (FAO 2019; Wroniak și colab., 2016). Un alt studiu a arătat că producția anuală de rapiță la nivel mondial este de 73,8 milioane de tone, cu o pondere de 24.3 milioane de tone în UE în 2014 (Fetzer și colab., 2019).

Rapița, cunoscută sub denumirea științifică de *Brassica rapa*, reprezintă una dintre speciile cele mai importante din familia Brassicaceae (vechile Cruciferae) și este una dintre primele specii care au fost domesticate (Gómez și Prakash, 1999). A fost foarte apreciată pe vremea romanilor deoarece tuberculii rapiței erau folosiți în diverse scopuri, ca aliment sau furaj pentru animale (Reiner și colab., 1995). Pe lângă faptul că asigură hrana, aceasta era folosită și pentru furnizarea uleiului. Împreună cu cele menționate mai sus, a avut o contribuție majoră la economia mondială și sănătatea oamenilor privind sursele de nutrienți (Song și colab., 1995; Yu și colab., 2003).

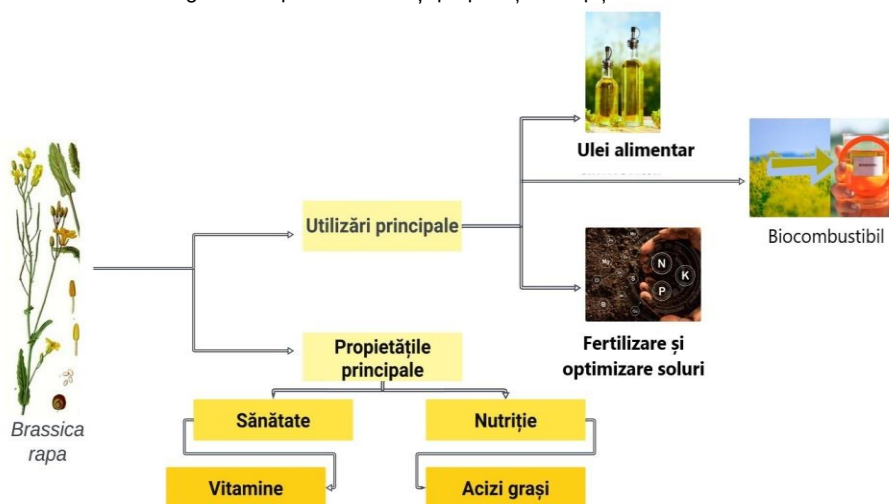
Napii (*Brassica rapa* subspecia *rapa*) sunt considerați un morfotip important deoarece aceștia au fost cultivați în Europa din jurul anilor 2.500-2000 î. Hr. Au fost cultivați ulterior și în alte părți ale lumii (Candolle, 1888). Un plus al culturii de rapiță este faptul că a fost adaptată la diverse medii agricole, aceasta prezentând o mare diversitate morfologică. Rapița este o specie diploidă (Wang și colab., 2011). Speciile și inclusiv soiurile naturale sunt de obicei caracterizate în mod fiabil printr-o prismă specifică de anumite caractere vegetative florale și fructifere (Webb și colab., 1988; Zhou și colab., 2001). Aceste caractere vegetative sunt reprezentate de forma frunzelor, culoarea și pubescența lor, reprezentând caractere distinctive. Alte trăsături sunt forma pețiolului, poziția florii în raport cu mugurii floriali și lungimea, culoarea petalelor, orientarea sepalilor și a staminelor, cât și forma, orientarea și dimensiunea fructelor (Zhou și colab., 2001). Printre numeroasele trăsături agronomice ale rapiței, timpul de înflorire este una dintre cele mai importante. Acesta este foarte afectat de sezonul de vegetație. De aceea, soiurile de rapiță sunt cultivate în anumite regiuni geografice și în anotimpuri specifice (Koornneef și colab., 2004). Atât înmulțirea cât și selecția la *Brassica rapa* în Asia de Est, dar și în Europa, au dus la apariția unor soiuri cu fenotipuri diverse. Un bun exemplu pentru aceasta ar fi varza chinezească (subspecia *pekinensis*). Autorii susțin că ar putea avea originea în China centrală, rezultată fiind în urma unei hibridizări naturale între napi (subspecia *oleifera*) și pak choi (subspecia *chinensis*), urmată de anumite selecții. Cu toate acestea, anumite forme de semințe oleaginoase ale rapiței au fost selectate cu grijă și independent în Europa și Asia de Est.

În Europa, selecția semințelor oleaginoase a început în secolul al XIV-lea, când necesitatea unei varietăți producătoare de uleiuri era foarte mare în zonele reci (Reiner și colab., 1995). În Asia și Europa, rapița a fost cultivată din cele mai vechi timpuri, asigurând traiul multora care se ocupau cu cultivarea ei, având o importanță economică deosebită (Parkash și colab., 2012). Centrul de origine al unei plante de cultură este asociat în mod normal cu originea geografică a rudelor sălbatice (Harlan, 1971).

În trecut nu se cunoștea cu exactitate centrul de origine al rapiței, dar, bazat pe un studiu de taxonomie, pe anumiți markeri ai polimorfismului de lungime a unor fragmente de restricție, s-a constatat că acesta este Europa, iar tipurile sălbatice s-au răspândit până în sudul Chinei drept buruieni (Song și colab., 1990).

În România cele mai bune condiții de cultivare ale rapiței sunt în Câmpia Banatului și a Crișanei, sudul Dobrogei, zona centrală a Transilvaniei și jumătatea sudică a câmpiei Siretului. Aceste zone prezintă de cele mai multe ori soluri aluvionare, cu textură netedă și fină, potrivite acestui tip de cultură. Dezvoltarea hibrizilor a facilitat extinderea populațiilor de rapiță în România, permițând să fie cultivată cu mare succes în variate condiții pedoclimatice. Suprafața cultivată cu rapiță a avut anumite fluctuații în ultimii ani. În anul 2016, în țara noastră, au fost cultivate 456 mii ha rapiță. Suprafața aceasta a crescut în 2017 și 2018 la 598 mii ha, respectiv 632 mii ha, după care a avut un declin la 342 mii ha în 2019 și în 2020 (Axinte și colab., 2006; Mogârzan, 2012).

Fig.1. Principalele utilizări și proprietăți ale rapiței



(https://lucid.app/documents#/documents?folder_id=home)

Managementul de producție

În ultimii ani, urbanizarea și industrializarea au dus la modificarea multor terenuri agricole care erau cunoscute drept fertile. Prin acest proces a scăzut drastic disponibilitatea terenurilor agricole. Astfel producția ei a fost transmisă către terenuri mai puțin fertile (Barthel și colab., 2019; Hussain și colab., 2014; Radwan și colab., 2019). Această pierdere de sol fertil amenință

culturile. În consecință, aprovizionarea globală cu alimente ar scădea considerabil (Grewal și Grewal, 2012). Pe lângă lipsa de spațiu pentru a cultiva, lipsa solului de calitate bună reprezintă o problemă cu care mulți agricultori se confruntă, iar lipsa vegetației poate duce la compactarea solului, o rată mare de eroziune, pH ridicat și o scădere considerabilă a nutrienților (Barnes, 2018; Jim, 1998; Li și colab., 2013; Yang și colab., 2016). Unele studii au fost făcute în sere, fiind folosită *Brassica rapa* L. soiul *Pak choi*, pentru a putea fi investigată adecvarea biocharului ca înlocuitor parțial al solului pentru producerea de amestec de sol durabil.

Aplicarea biocharului ar îmbunătăți reținerea de nutrienți în mediile pe bază de sol și ar determina creșterea randamentului, prin modificarea conținutului foliar, ca urmare a creșterii plantei (De Jesus Duarte și colab., 2019). Germinația semințelor de rapiță este etapa inițială a plantei. Aceasta se realizează în trei etape. Prima etapă este reprezentată de imbibitiție. Semințele latente absorb apa și are loc procesul de hidroliză. Imbibitiția este consecința interacțiunilor dintre proteine, carbohidrați și lipide, iar variația acestor trei pot afecta întreg procesul. Proteinele și lipidele reprezintă sursa de energie a oleaginoaselor în timpul germinării lor (Ali și Elozeiri, 2017). Cea de-a doua etapă este reglarea germinării. Această etapă este ușor caracterizată prin activarea sintezei de ATP în mai multe procese cum ar fi glicoliza, ciclul Krebs, lanțul respirator și translația ARNm stocat. Ultima etapă este reprezentată de finalizarea germinării, în momentul în care radica iese din învelișul seminței și formează rădăcina, iar plumulele formează un sistem de lăstari capabili în utilizarea materiei anorganice, apa, cât și energia luminoasă pentru o creștere normală și sănătoasă (Nonogaki și colab., 2010; Szczebra și colab., 2021).

Apa este considerată reglatorul major al germinației, din cauza imbibitiției. Este necesară prezența unei cantități suficiente de apă pentru ca germinarea să aibă loc (Luna și Chamorro, 2016; Ramírez-Tobías și colab., 2014). Așadar, epuizarea resursei de apă din sol influențează imbibitiția semințelor de rapiță (Rao și Gupta, 1976). Pe lângă apă, un alt factor important este reprezentat de temperatură. Ritmul și rata de germinație, cât și absorbția apei pot fi influențate de o temperatură de peste sau sub intervalul optim. În condiții optime, absorbția apei se realizează rapid (Bradford, 2002; Steinmaus și colab., 2000). O combinație caracterizată prin temperaturi extreme și un deficit de apă pot duce la dezvoltarea stresului de temperatură ridicată.

Rapița este caracterizată prin faptul că are niște semințe foarte mici, aproape minuscule, acest lucru reprezentând o predispoziție la uscare în momentul în care asupra ei este exercitat un stres abiotic sever (Diepenbrock, 2000; Aksouh-Harradj și colab., 2006). Pe de altă parte, abundența de azot

crește conținutul de progoitrină în *Brassica napus*. Acestea totodată scad și concentrația de sinigrine (Zhao și colab., 1994). Pe lângă fertilizarea cu azot, se cunoaște faptul că și cea cu sulf este eficientă. Aceasta afectează nivelul de glucozinolați într-un mod mai considerabil decât fertilizarea cu azot. În Italia s-a constatat în urma unui studiu că din culturile care au fost fertilizate cu sulf, randamentul producției a crescut cu 18% comparativ cu cele în care nu a avut loc fertilizarea cu sulf (De Pascale și colab., 2007).

Utilizări ale plantei de rapiță

Cultura de rapiță a fost apreciată în întreaga lume de-a lungul timpului. Aceasta este folosită drept furaj pentru animale, se cultivă pentru a produce ulei și este, de asemenea, folosită pentru a produce biocombustibil și biogaz.

În Germania, 80% din bioenergie se obține de la plante ca porumbul. A fost necesară cultivarea speciilor mai rezistente pentru a maximiza utilizarea terenului și pentru a avea o disponibilitate de biogaz pe tot parcursul anului (Scheffer, 1998; Weelands, 2007). Unele culturi de plante furajere rezistente includ culturile de Brassicaceae, pe lângă secară. În Europa, se observă un interes pentru cultivarea plantelor de *Brassica rapa* de iarnă. Acest lucru se datorează faptului că randamentul biomasei este relativ mare și se poate recolta la finalul perioadei de înflorire (Diepenbrock, 2000).

Biogazul este format în principal din metan și dioxid de carbon, rezultate după digestia anaerobă a biomasei, cum ar fi deșeurile solide de fructe și legume, frunze, ierburi și biomasă acvatică (Gunaseelan, 1997).

Biocombustibilul este o alternativă la motorină. Provine din resurse naturale care sunt destul de mult disponibile la momentul actual și regenerabile. În această categorie intră varietatea mare a uleiurilor vegetale care sunt extrase din orice cultură de semințe oleaginoase, ca soia, floarea soarelui, canola și rapiță. Esterii glicerolului și trigliceridelor sunt componentele principale ale acestor uleiuri. Transesterificarea este un proces în care glicerolul din moleculele acizilor grași este înlocuit cu metanol sau etanol. Esterii metilici sau etilici ai acizilor grași formează lanțuri drepte de hidrocarburi saturate sau nesaturate. Biocombustibilul și motorina normală folosite împreună sunt comparabile cu motorina de sursă petrolieră, utilizată în motoarele care au aprindere prin compresie. Ambele tipuri de motorină sunt asemănătoare, dar necesită modificări ale motorului (Graboski și McCormick, 1998).

Producția de biodiesel este cea mai mare în Uniunea Europeană, cu o producție estimată de 907.000 de tone metrice pe an. Politicile UE care au permis fermierilor să cultive semințe oleaginoase au contribuit la creșterea biomotorinei în anii 1990. Biocombustibilii, acum peste 20 de ani, erau mai

costisitori decât motorina petrolieră din cauza unor reglementări guvernamentale specifice (Körbitz, 1999).

Diverse cercetări au arătat că atunci când sunt comparate performanțele motoarelor la utilizare de motorină, respectiv metilesterul din uleiul de rapiță, cel din urmă duce la optimizarea performanței motorului și la scăderea cantității de emisii (Labeckas și Slavinskas, 2006). Au fost observate îmbunătățiri ale stabilității oxidative și ale vâscozității cinetice la utilizarea acestora (Mittelbach și Gangl, 2001). Biomasa rămasă pe câmp de la rapiță este un potențial candidat pentru obținerea de energie din biomasă, întrucât poate fi folosită prin diverse cicluri de conversie tehnologică, fără a interfera cu lanțul alimentar. Această biomasă conține în principal celuloză, hemiceluloze și lignină. Există numeroase studii care menționează faptul că hemiceluloza și celuloza pot fi convertite ușor în precursori pentru biocombustibili (Abomohra și colab., 2021; Khoshnevisan și colab., 2020).

CONCLUZII

În Antichitate și în perioada medievală, rapița a fost una dintre principalele culturi agricole, oferind hrană atât oamenilor, cât și animalelor. De-a lungul timpului, a devenit una dintre cele mai versatile plante de cultură. Aceasta are capacitatea de a se adapta la diverse condiții climatice și geografice. Soiurile de *Brassica rapa* de iarnă s-au dovedit a fi deosebit de rezistente la temperaturile scăzute, ceea ce le-a conferit o valoare deosebită în agricultură. În zilele noastre, rapița este utilizată într-o varietate de scopuri, cum sunt alimentația animalelor, drept furaj bogat în nutrienți, ori în producția de biocombustibili, inclusiv biodiesel. Aceasta reprezintă materia primă pentru biodiesel, contribuind la diversificarea surselor de energie și reducerea dependenței de combustibilii fosili. În industria alimentară, uleiul de rapiță este folosit în gătit, producția de margarină și alte produse alimentare, datorită calităților sale nutritive. Această diversificare a utilizărilor rapiței o face una dintre cele mai importante culturi agricole în prezent.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- Abomohra A.E.-F., El-Hefnawy M.E., Wang Q., Huang J., Li L., Tang J., Mohammed S. 2021. Sequential bioethanol and biogas production coupled with heavy metal removal using dry seaweeds: towards enhanced economic feasibility, J. Clean. Prod. 316: 128341.
- Aksouh-Harradj N.M., Campbell L.C., Mailer R.J. 2006. Canola Response to High and Moderately High Temperature Stresses during Seed Maturation. Can. J. Plant Sci. 86: 967–980.
- Ali A.S., Elozeiri A.A. 2017. Metabolic Processes During Seed Germination. Advances in Seed Biology.
- Axinte M., Roman G. V., Borcean I., Muntian L. S. 2006. Fitotehnie. Ed., Ion Ionescu de la Brad, Iași, Romania.
- Baethel S., Isendahl C., Vis B.N., Drescher A., Evans D.L., Timmeren van A. 2019. Global urbanization and food production in direct competition for land: leverage places to mitigate impacts on SDG2 and on the earth system. Anthropocene Review 6 (1–2): 71-97.

- Barnes G. 2018. Differences in Soil Characteristics of Urban and Rural Areas.
- Bradford K.J. 2002. Applications of Hydrothermal Time to Quantifying and Modeling Seed Germination and Dormancy. *Weed Sci.* 50: 248–260.
- De Candolle A. 1886. Origin of cultivated plants. Harfner, New York: Paul, Trench.
- De Jesus Duarte S., Glaser B., Pellegrino Cerri C.E. 2019. Effect of biochar particle size on physical, hydrological and chemical properties of loamy and sandy tropical soils. *Agronomy* 9 (4): 165.
- De Pascale S., Maggio A., Pernice R., Fagliano V., Barbieri G. 2007. Sulphur fertilization may improve the nutritional value of *Brassica rapa* L. subsp. *sylvestris*. *Europ. J. Agronomy* 26: 418–424.
- Diepenbrock W. 2000. Yield Analysis of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.): A Review. *Field Crops Res.* 67: 35–49.
- Fetzner A., Herfellner T., Eisner P. 2019. Rapeseed protein concentrates for non-food applications prepared from pre-pressed and cold-pressed press cake via acidic precipitation and ultrafiltration. *Ind. Crops Prod.* 132: 396–406.
- Gómez-Campo C., Prakash S. 1999. Origin and domestication. In: Gómez-Campo C, editor. *Developments in plant genetics and breeding: biology of Brassica coenospecies*. Burlington (MA): Elsevier. 33–58.
- Graboski M.S., McCormick R.L. 1998. Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Prog Energy Combust Sci.* 24(2): 125-164 .
- Grewal S.S., Grewal P.S. 2012. Can cities become self-reliant in food? 1-11.
- Gunaseelan V.N. 1997. Anaerobic digestion of biomass for methane production: a review. *Biomass & Bioenergy*. 13: 83-114.
- Harlan JR. 1971. Agricultural origins: centers and noncenters. *Science*. 174:468–474.
- Hussain A., Iqbal K., Azim S., Mahato O., Negi A. 2014. A review on the science of growing crops without soil (soilless culture)-a novel alternative for growing crops. *IJACS*. 7(11): 833.
- Jim C.Y. 1998. Urban soil characteristics and limitations for landscape planting in Hong Kong. *Landsc. Urban Plan.* 40(4): 235-249.
- Khoshnevisan B., Tabatabaei M., Tsapekos P., Rafiee S., Aghbashlo M., Lindenberg S., Angelidaki I. 2020. Environmental life cycle assessment of different biorefinery platforms valorizing municipal solid waste to bioenergy, microbial protein, lactic and succinic acid, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 117: 109493.
- Koornneef M., Alonso-Blanco C., Vreugdenhil D. 2004. Naturally occurring genetic variation in *Arabidopsis thaliana*, *Annual Review of Plant Biology*. 55: 141-172.
- Körbitz W. 1999. Biodiesel production in Europe and North America, an encouraging prospect. *Renewable Energy*. 16(1–4): 1078-1083.
- Labeckas G, Slavinskas, S. 2006. The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection Diesel engine performance and exhaust emissions,
- Luna B., Chamorro D. 2016. Germination Sensitivity to Water Stress of Eight Cistaceae Species from the Western Mediterranean. *Seed Sci. Res.* 26: 101–110.
- Mittelbach M., Gangl S. 2001. Long storage stability of biodiesel made from rapeseed and used frying oil. *Journal of the American Oil Chemists Society* 78(6): 573-577.
- Mogârzan A. 2012. *Fitotehnie*. Ed. Ion Ionescu de la Brad, Iași, Romania.
- Nonogaki H., Bassel G.W., Bewley J.D. 2010. Germination-Still a Mystery. *Plant Sci.* 179: 574–581.
- Offori-Heiko A., Becker C. 2008. Breeding of *Brassica rapa* for Biogas Production: Heterosis and Combining Ability of Biomass Yield. *Bioenerg. Res.* 1:98–104.
- Prakash S., Wu X., Bhat SR., 2012. History, evolution and domestication of Brassica crops. *Plant Breed Rev.* 35:19–84.
- Radwan T.M., Blackburn G.A., Whyatt J.D., Atkinson P.M. 2019. Dramatic loss of agricultural land due to urban expansion threatens food security in the Nile Delta, Egypt. *Remote Sens.* 11 (3), 332.
- Ramírez-Tobías H.M., Peña-Valdivia C.B., Trejo C., Aguirre R., Vaquera H. 2014. Seed Germination of Agave Species as Influenced by Substrate Water Potential. *Biol. Res.* 47: 11.
- Rao A.B.G., Gupta R.K. 1976. Influence of Soil Moisture Suction and Depth of Sowing on Seedling Emergence of Soybean in a Clayey Soil. *Seed Res.* 4: 118–123.

- Reiner H., Holzner W., Ebermann R. 1995. The development of turnip-type and oilseed-type *Brassica rapa* crops from the wild type in Europe-an overview of botanical, historical and linguistic facts. Rapeseed today and tomorrow. 1066–1069.
- Rękas A., Wroniak M., Szterk A. 2016. Characterization of some quality properties and chemical composition of cold-pressed oils obtained from different rapeseed varieties cultivated in Poland. Pol. J. Nat. Sci. 31: 249–261.
- Scheffer K. 1998. Ein produktiver, umweltschonendes Ackernutzungskonzept zur Bereitstellung von Energie und Wertstoffen aus der Vielfalt der Kulturpflanzen. Beitr. Akad. Natur Umweltschutz Baden Württemberg 27: 65–80.
- Song K., Osborn T.C., Williams P.H. 1990. Brassica taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs): 3. Genome relationships in Brassica and related genera and the origin of *B. oleracea* and *B. rapa* (syn. *campestris*). Theor Appl Genet. 79: 497–506.
- Song K., Slocum M.K., Osborn T.C. 1995. Molecular marker analysis of genes controlling morphological variation in *Brassica rapa* (syn. *campestris*). Theoretical and Applied Genetics. 90: 1-10.
- Steinmaus S.J., Prather T.S., Holt J.S. 2000. Estimation of Base Temperatures for Nine Weed Species. J. Exp. Bot. 51: 275–286.
- Szczerba A., Płażek A., Pastuszek J., Kopeć P., Hornyák M., Dubert F. 2021. Effect of Low Temperature on Germination, Growth, and Seed Yield of Four Soybean (*Glycine max* L.) Cultivars. Agronomy. 11: 800.
- Wang X.W., Wang H.Z., Wang J., Sun R.F., Wu J. 2011. The genome of the mesopolyploid crop species *Brassica rapa*. Nature Genet 43:1035–1039.
- Webb C.J., Sykes W. R., Garnock-Jones P. J. 1988. Flora of New Zealand. Vol. IV. Christchurch, Botany Division, DSIR. 1365 p.
- Weiland P. 2007. Country updates on biogas, Germany. Presentation at the 7th meeting of IEA Bioenergy Task 37 workshop Berlin. Available at: www.iea-biogas.net.
- Wroniak M., Rękas A., Siger A., Janowicz M. 2016. Microwave pretreatment effects on the changes in seeds microstructure, chemical composition and oxidative stability of rapeseed oil. LWT - Food Sci. 68: 634–641.
- Yang M., Zheng C., Zhou Q., Huang F., Liu C., Wang H. 2013. Minor components and oxidative stability of cold-pressed oil from rapeseed cultivars in China. J. Food Compos. Anal. 29: 1–9.
- Yu S.C., Wang Y.J., Zheng X.Y. 2003 Mapping and analysis QTL controlling some morphological traits in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*). Acta Genetic Sinica. 30: 1153-1160.
- Zhao F., Evans E., Bilsborrow P., Syers J.K. 1994. Influence of nitrogen and sulphur on the glucosinolate profile of rapeseed (*Brassica napus* L.) J. Sci. Food Agric. 64: 295-304.
- Zhou T., Lu L., Yang G., Al-Shehbaz I. A. 2001. Brassicaceae (Cruciferae). In: Wu Z., Raven P. H. ed. Flora of China volume 8. Beijing, Science Press, and St. Louis, Missouri Botanical Garden Press. 1-193.
- https://lucid.app/documents#/documents?folder_id=home, accesat la 14.05.2024