

AZOTOBakterīna lietošanas efektivitāte sintētiskā slāpekļa aizvietošanā ziemas kviešos

THE EFFECTIVENESS OF AZOTOBACTERIN IN REPLACING SYNTHETIC NITROGEN IN WINTER WHEAT

Līvija Zariņa, Solveiga Maļecka, Veneranda Stramkale, Larisa Černova, Līga Rolava

Agroresursu un ekonomikas institūts

livija.zarina@arei.lv

Kopsavilkums. Agroresursu un ekonomikas institūtā tika skaidrota azotobakterīna lietošanas efektivitāte atkarībā no konkrētiem agroekoloģiskajiem apstākļiem. Pētījumi veikti četros valsts plānošanas reģionos – Vidzeme, Latgale, Kurzeme, Rīga. Pētījuma mērķis bija pārbaudīt, vai sintētiskā slāpekļa (N) mēslojuma daļēja aizvietošana ar mikrobioloģisku preparātu, kas sekmē slāpekļa (N) piesaistīšanu no gaisa, ir pietiekama, lai nodrošinātu līdzvērtīgu ražu ziemas kviešiem. Izmēģinājumi ierīkoti reģioniem tipiskos augsnes apstākļos – ar labu organisko vielu, kālija un fosfora nodrošinājumu. Tika iesēti ziemas kvieši 'Skagen'. Lauciņu lielums – 15 m². Tie izvietoti randomizēti četros atkārtojumos, izsējas norma – 500 dīgtspējīgas sēklas m². Salīdzināšanai ierīkoti pieci varianti, kuros kopējā N nodrošinājums bija robežās no 160 līdz 220 kg N uz hektāru. Pārbaudītajos variantos daļa no N (līdz 50 kg ha⁻¹) aizvietota ar attiecīgu azotobakterīna devu. Kā kontroles variants tika pieņemta reģionā tradicionāli izmantotā mēslošanas shēma, nelietojot mikrobioloģisko preparātu. Jau pirmajā izmēģinājumā gadā tika konstatēts, ka preparāta „Azotobakterīns” izmantošana ziemas kviešu lauka apsmidzināšanai sējas laikā veicina iesēto augu attīstību. Vidēji divos gados visās izmēģinājumu vietās ar azotobakterīnu apstrādātajos variantos tika konstatēts būtiski ($p < 0.05$) lielāks pārziemojošo augu skaits salīdzinājumā ar kontroles variantu. Ražas starpība pa variantiem (salīdzinājumā ar kontroli) variēja no samazinājuma pie N 160 (mīnus 0.62 t ha⁻¹) līdz palielinājumam pie N200 (par 0.94 t ha⁻¹). Katrā reģionā iegūtie vidējie rezultāti atšķīrās, norādot uz agroekoloģisko faktoru būtisko ietekmi. Apkopojot abu pētījumu gadu datus, tika gūts apstiprinājums – samazinot sintētiskā slāpekļa mēslojuma devu un daļēji to aizvietojo ar mikrobioloģisko preparātu „Azotobakterīns” (satur *Azotobacter sp.* un veicina atmosfēras slāpekļa bioloģisko fiksāciju), iespējams nodrošināt ražas līmeni, kas līdzvērtīgs rezultātam, kad tiek lietota pilna sintētiskā slāpekļa deva.

Atslēgas vārdi: mikrobioloģiskie preparāti, ziemas kviešu mēslošana, azotobakterīns.

Ievads

Slāpekļis (N) ir būtisks augu makroelements, kam ir galvenā nozīme visos dzīvajos organismos (Aversa et al., 2016); tas ir galvenā olbaltumvielu un nukleīnskābju sastāvdaļa un tādējādi var veidot līdz 5% no dažu augstāku augu sausas svara (Quille et al., 2025). Slāpekļa mēslojuma lietošana ir visbiežāk izmantotā metode kultūraugu ražas palielināšanā (Martínez-Dalmau et al., 2021). Šī iemesla dēļ lauksaimniecībā izmantotā sintētiskā slāpekļa mēslojuma apjoms arvien pieaug. Latvijā 2022. gadā tā izlietojums sasniedza 82 305 t, kas ir trīs reizes vairāk nekā 2000. gadā (Faostat, 2022). Gandrīz pusi no mēslošanā izmantotā N mēslojuma kultūraugi neizmanto (Velmourougane et al., 2019), un tas nonāk vidē, radot papildu gāzu emisijas un piesārņojot ūdenstilpnes (Menegat et al., 2022).

Svarīgi ir panākt tādu lauksaimnieciskās ražošanas līmeni, kas nodrošina globālu pārtikas pieejamību, vienlaikus neapdraudot vides ilgtspēju un drošību. Pieaugošās bažas par vidi un ekonomiskais spiediens, kas saistīts ar sintētiskajiem slāpekļa mēslošanas līdzekļiem, ir mudinājuši meklēt ilgtspējīgas alternatīvas augkopībā. Viena daudzsolīga pieeja ir bioloģiskās slāpekļa fiksācijas lietošana, izmantojot augu augšanu veicinošas baktērijas, piemēram, *Azotobacter spp.* (Di Benedetto et al., 2017; Zariņa, 2023). *Azotobakterīns*, biomēslojums, kas iegūts no *Azotobacter* ģints baktērijām, ir iemantojis uzmanību, pateicoties tā spējai uzlabot slāpekļa pieejamību augsnē, potenciāli samazinot vajadzību pēc sintētiskā slāpekļa iestrādes un vienlaikus saglabājot vai pat veicinot kultūraugu ražu (Koryagin, 2020; Sumbul et al., 2020).

Ziemas kvieši (*Triticum aestivum* L.) ir galvenā kultūraugu suga ne tikai Latvijā (Litke et al., 2018), bet arī visā pasaulē (Tamagno et al., 2022). Lai sasniegtu optimālu šī kultūrauga produktivitāti, ir nepieciešams ievērojams augiem pieejamā slāpekļa daudzums (Zorb et al., 2018). Lai gan parastie slāpekļa mēslošanas līdzekļi ir efektīvi, tie veicina virkni vides problēmu – nitrātu izskalošanos,

siltumnīcefekta gāzu emisijas un augsnes degradāciju (Walling & Vaneckhaute, 2020). Šī iemesla dēļ *Azotobacterin spp* integrēšana ziemas kviešu mēslošanas stratēģijās varētu piedāvāt ilgtspējīgāku risinājumu, uzlabojot dabisko slāpekļa fiksāciju un augsnes veselību.

Šī pētījuma mērķis bija noskaidrot mikrobioloģiskā preparāta *Azotobakterīns* efektivitāti daļējai sintētiskā slāpekļa mēslošanas līdzekļu aizstāšanai ziemas kviešu sējumā.

Materiāli un metodes

Pētījumi uzsākti 2022. gadā, veikti divas sezonas integrētās saimniekošanas sistēmā Vidzemes reģionā (Priekuļu pētniecības centrā (PC)), Kurzemes reģionā (AREI Stendes PC), Latgales reģionā (AREI Viļānu daļā) un Pierīgas reģionā (zemnieku saimniecībā "Veģi") ar ziemas kviešiem 'Skagen'. Izmēģinājumi ierīkoti reģioniem tipiskos augsnes apstākļos, ar labu organiskās vielas, kālija un fosfora nodrošinājumu. Lauciņu lielums bija 15 m², tie tika izvietoti randomizēti četros atkārtojumos, izsējas norma – 500 dgtspējīgas sēklas m⁻². Ziemas kviešu sēja abās izmēģinājumu vietās veikta optimālā termiņā – septembra otrajā un trešajā dekādē. Visās izmēģinājumu vietās augsnes agrofizikālie rādītāji atbilda vēlamajiem apstākļiem ziemas kviešu audzēšanai.

Salīdzināšanai ierīkoti pieci varianti: slāpekļa mēslojums pēc saimniecībā izmantotās shēmas, nelietojot mikrobioloģiskos preparātus (kontrolē), un N220, N200, N180, N160 – ar slāpekli saistošo mikrobioloģisko preparātu *Azotobakterīns* (tā lietošanas mērķis bija sezonā kopumā aizvietot līdz 50 kg no minerālā slāpekļa devas). Preparāta deva rudens periodā (sējas dienā) bija attiecīgi 5 un 7 L ha⁻¹, izsmidzinot to uz augsnes, kur pirms sējas tika iestrādāts pamatmēslojums atbilstoši reģionā pieņemtajai tehnoloģijai un saskaņā ar augsnes analīžu rezultātiem. Visās izmēģinājuma vietās mēslošanai izmantoti šādi produkti: NPK (S) 8–20–30+S2, NPK (S) 10–26–26+S2, *YaraMila* NPK (S) 9–12–25+S7, kālija hlorīds (0–0–60), amonija nitrāts (N34) un sulfonitrāts (N30+S7).

Pavasārī, kad atsākās veģetācija, tika veikta nākamā apstrāde ar preparātu *Azotobakterīns*, to atkārtojot pēc mēneša variantos ar augstāko N devu.

Meteoroloģisko datu analīzei izmantoti Stendes, Priekuļu un Rēzeknes hidrometeoroloģisko staciju dati. Ražas uzskaitē veikta novākšanas brīdī, nosverot katrā lauciņā gūto ražu. Raža pārrēķināta pie 100% tīrības un 14% mitruma. Tīrai ražai veiktas graudu kvalitātes analīzes, izmantojot graudu automātisko analizatoru *Infratec Nova*. Datu matemātiskā apstrāde veikta *Microsoft Excel* programmā. Starpību būtiskuma novērtēšanai izmantota vienfaktoru dispersijas analīze ar atkārtojumiem (ANOVA).

Rezultāti un diskusijas

Meteoroloģiskie apstākļi 2022.–2024. gada veģetācijas periodā bija atšķirīgi abos izmēģinājuma gados un visos audzēšanas reģionos, ko atspoguļo graudu ražas rādītāji (1. att.). 2023. gada sezonā (saskaņā ar Stendes, Priekuļu un Rēzeknes hidrometeoroloģisko staciju datiem) nelabvēlīgi apstākļi ziemas kviešu ražas veidošanai bija Vidzemes un Pierīgas reģionos, kur ražas līmenis sasniedza tikai 1.5 līdz 3 tonnas no hektāra. Turpretī Kurzemes un Latgales reģionā raža veidoja 7.9 līdz 9.2 tonnas no hektāra, kas ir ļoti labs rādītājs – īpaši ņemot vērā, ka Latvijā vidējā ziemas kviešu graudu raža 2023. gadā bija 4.27, bet 2024. gadā – 4.97 tonnas no hektāra (Statistikas datu bāze, pieejams: https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START_NOZ__LA__LAG/LAG020/table/tableViewLayout1/).

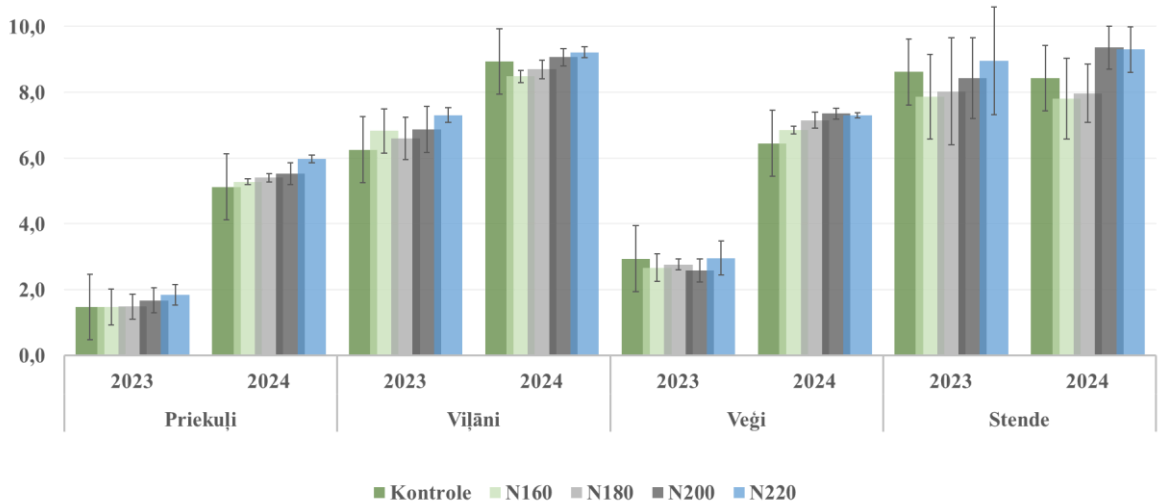
Pētījumā gūtie rezultāti apstiprina faktu, ka slāpekļis ir viens no būtiskiem graudu ražas ietekmējošiem faktoriem – tas pierādīts arī daudzos citos pētījumos (Wang et al.,2023). Kaut arī ne vienmēr būtiski, tomēr visās pētījumu vietās slāpekļa mēslojuma devas palielināšana veicināja vidējās ražas pieaugumu. Palielinājums iegūts līdz pat maksimālajai N220 devai, kas kopumā sakrīt ar citā Latvijas apstākļos veiktā pētījumā pierādīto, kur noskaidrots, ka būtisks ražas pieaugums saistīts ar slāpekļa devas palielinājumu līdz N180 (Litke et.al.,2018).

Dati liecina, ka daļēja sintētiski ražotā slāpekļa aizvietošana ar mikrobioloģisko preparātu *Azotobakterīns* ir attaisnojusies, jo ir nodrošināts līdzvērtīgs ražas līmenis variantam bez mikrobioloģiskā preparāta lietošanas. Tas attiecināms arī uz tādu nozīmīgu ziemas kviešu kvalitātes rādītāju kā proteīna saturs (2. att.).

Iegūtie rezultāti norāda, ka proteīna saturs graudos ievērojami atšķiras atkarībā no augšanas reģiona, ko (saskaņā ar citu autoru pētījumu rezultātiem (Szuba-Trznadel et al.,2024)) noteica konkrētie agroekoloģiskie apstākļi. Attiecīgi 2023. gadā kontroles variantā proteīna saturs graudos svārstījās no 10.3% (Priekuļi) līdz 13.6% (Viļāni), bet 2024. gadā – no 9.2% (Stende) līdz 12.7% (Viļāni). Savukārt variantos, kur tika lietots mikrobioloģiskais preparāts, proteīna saturs graudos 2023. gadā bija robežās

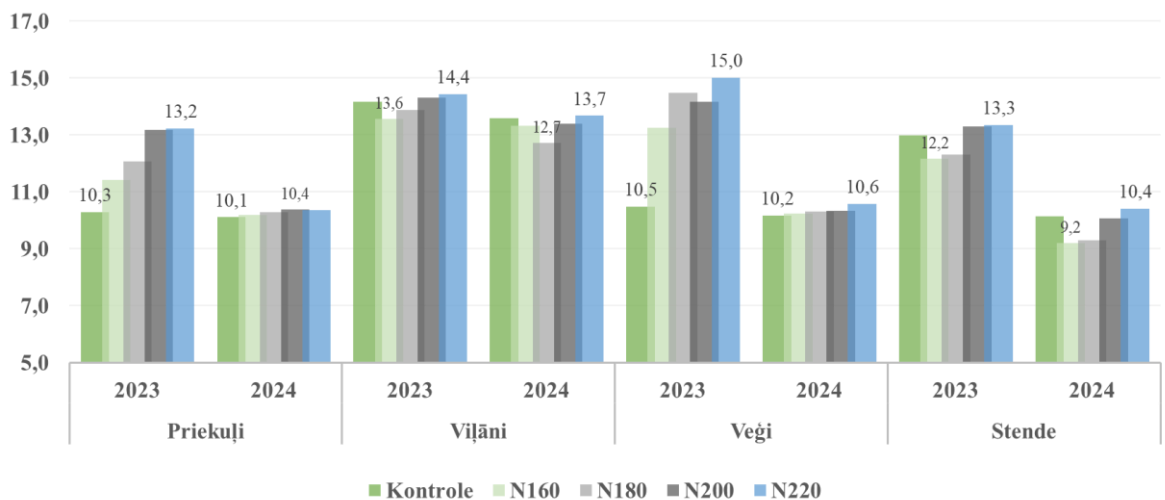
no 13.2% (Priekuļi) līdz 15% (Veģi), 2024. gadā – no 10.4% (Priekuļi) līdz 13.7% (Viļāni). Visos gadījumos proteīna saturs graudos bija augstāks, lietojot lielākas slāpekļa devas, kas apstiprina citos pētījumos (An et al.,2024) apkopotos rezultātus.

t ha⁻¹



1. att. Mikrobioloģiskā preparāta *Azotobacterīns* lietošanas ietekme uz ziemas kviešu ražu (t ha⁻¹).
Fig. 1. The effect of the use of the microbiological preparation *Azotobacterin* on the yield of winter wheat (t ha⁻¹).

%



2. att. Mikrobioloģiskā preparāta *Azotobacterīns* lietošanas ietekme uz proteīna saturu ziemas kviešu graudos (%).

Fig. 2. The effect of the use of the microbiological preparation *Azotobacterin* on the protein content of winter wheat grains (%).

Secinājumi

Samazinot sintētiskā slāpekļa mēslojuma devu un daļēji to aizvietojo ar mikrobioloģisko preparātu *Azotobacterīns* (satur *Azotobacter* sp. un veicina atmosfēras slāpekļa bioloģisko fiksāciju), iespējams nodrošināt ražas līmeni, kas līdzvērtīgs, lietojot pilnu sintētiskā slāpekļa devu.

Abstract. *The Institute of Agricultural Resources and Economics assessed the effectiveness of the use of Azotobacterin under specific agro-ecological conditions. The research was conducted in four state planning regions—Vidzeme, Latgale, Kurzeme, and Riga. The aim of the study was to determine whether the partial replacement of synthetic nitrogen (N) fertilizer with a microbiological preparation that promotes nitrogen fixation from the air could ensure an equivalent yield for winter wheat. The trials were established in soil conditions typical of the regions, characterized by good organic matter content and adequate potassium and phosphorus supply. Winter wheat 'Skagen' was sown in 15 m² plots, arranged randomly in four replications, with a sowing rate of 500 germinable seeds per square meter. Five variants were compared, with total N supply ranging from 160 to 220 kg N per hectare. In the tested variants, a portion of the nitrogen (up to 50 kg N ha⁻¹) was replaced with an equivalent dose of Azotobacterin. As a control, the traditional fertilization scheme used in the region—without microbiological preparation—was applied. In the first year of trials, it was observed that applying Azotobacterin by spraying winter wheat fields during sowing enhanced plant development. On average, over two years and across all trial sites, the variants treated with Azotobacterin had a significantly higher number of overwintering plants compared to the control ($p < 0.05$). Yield differences among variants, compared to the control, ranged from a decrease at N160 (-0.62 t ha^{-1}) to an increase at N200 ($+0.94 \text{ t ha}^{-1}$). The average results varied by region, highlighting the significant influence of agro-ecological factors. By summarizing the data from both years, the study confirmed that by reducing the application rate of synthetic nitrogen fertilizer and partially replacing it with the microbiological preparation Azotobacterin, which contains *Azotobacter sp.* and promotes biological nitrogen fixation from the atmosphere, it is possible to achieve a yield level comparable to that obtained with the full dose of synthetic nitrogen.*

Key words: *microbiological preparations, winter wheat fertilization, Azotobacterin.*

Izmantotā literatūra

1. An, H.-Y., Han, J.-J., He, Q.-N., Zhu, Y.-L., Wu, P., Wang, Y.-C., Gao, Z.-Q., Du, T.-Q., & Xue, J.-F. (2024). Influence of Nitrogen Application Rate on Wheat Grain Protein Content and Composition in China: A Meta-Analysis. *Agronomy*, Vol. 14(6), p.1164. Pieejams: <https://doi.org/10.3390/agronomy14061164>.
2. Aversa, R., Petrescu, V., Apicella, A. & Petrescu, I. T. (2016). The Basic Elements of Life's. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 9(4), p. 1189-1197. Pieejams: <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2016.1189.1197>.
3. Di Benedetto N.A., Corbo M.R., Campaniello D., Cataldi M.P., Bevilacqua A., Sinigaglia M., Flagella Z. (2017). The role of Plant Growth Promoting Bacteria in improving nitrogen use efficiency for sustainable crop production: a focus on wheat. *AIMS Microbiol.* 2017 Jun 7; Vol. 3(3), p. 413-434. Pieejams: doi:10.3934/microbiol.2017.3.413.
4. FAO. FAOStat Database Collections. Pieejams: <http://www.fao.org/faostat/en/#country>.
5. Koryagin, Y., Kulikova, E., Efremova, S., Sukhova, N. (2020): The influence of microbiological fertilisers on the productivity and quality of winter wheat. *Plant Soil Environ.*, Vol. 66, p. 564–568 Pieejams: <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/pse/2020/11/04.pdf>.
6. Litke L., Gaile Z., Ruža, A. (2018). Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality. *Agron. Res.* Vol. 16, p. 500–509.
7. Martínez-Dalmau, J., Berbel, J., & Ordóñez-Fernández, R. (2021). Nitrogen Fertilization. A Review of the Risks Associated with the Inefficiency of Its Use and Policy Responses. *Sustainability*, 13(10), 5625. Pieejams: <https://doi.org/10.3390/su13105625>.
8. Menegat, S., Ledo, A. & Tirado, R. (2022). Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. *Sci Rep* 12, 14490. Pieejams: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18773-w>.
9. Szuba-Trznadel A, Gałka B, Kamińska J, Jama-Rodzeńska A, Król Z, Jarki D, Fuchs B. (2024). Diversity of chemical composition and nutritional value in grain from selected winter wheat cultivars grown in south-western Poland. *Sci Rep.* 2024 Feb 1; Vol. 14(1), p. 2630. Pieejams: doi: 10.1038/s41598-024-53094-0.
10. Statistikas datu bāze. Pieejams: https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__NOZ__LA__LAG/LAG020/table/tableViewLayout1/.

11. Sumbul A., Ansari R.A., Rizvi R., Mahmood I. (2020). Azotobacter: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Saudi J Biol Sci.* 2020 Dec; Vol.7 (12), p. 3634-3640. Pieejams: doi: 10.1016/j.sjbs.2020.08.004.
12. Tamagno S., Pittelkow C.M., Fohner G., Nelsen T.S., Hegarty J.M., Carter C.E., Vang T. and Lundy M.E. (2022). Optimizing water and nitrogen productivity of wheat and triticale across diverse production environments to improve the sustainability of baked products. *Front. Plant Sci. Sec. Crop and Product Physiology.* Vol. 13, p. 2022. Pieejams: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.952303>.
13. Quille, P., Kacprzyk, J., O'Connell, S. (2025). Reducing fertiliser inputs: plant biostimulants as an emerging strategy to improve nutrient use efficiency. *Discov Sustain* Vol. 6, p. 128. Pieejams: <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00910-w>.
14. Velmourougane K., Prasanna R., Chawla G., Nain L., Kumar A., Saxena A.K. (2019). Trichoderma–Azotobacter biofilm inoculation improves soil nutrient availability and plant growth in wheat and cotton. *Journal of basic microbiology* Vol., 59, p. 632–644.
15. Wang, Y., Peng, Y., Lin, J., Wang, L., Jia, Z., Zhang, R. (2023). "Optimal nitrogen management to achieve high wheat grain yield, grain protein content, and water productivity: A meta-analysis," *Agricultural Water Management*, Elsevier, Vol. 290(C). Pieejams: DOI: 10.1016/j.agwat.2023.108587.
16. Zariņa, L. (2023). Mikrobioloģiskā preparāta *Azotobacterīns* ietekme uz ziemas kviešiem pirms ziemošanas No: *Līdzsvarota lauksaimniecība, Zinātniski praktiskās konferences raksti* (2023. g. 23.–24. febr.). Jelgava: LLU, 14.–16. lpp. Pieejams: https://lbtufb.lbtu.lv/conference/lidzsvar_lauksaim/2023/Latvia-lidzsvarota-lauksaimniec_rakstu_krajums_2023-14-16.pdf.
17. Zörb Ch., Ludewig U., Hawkesford M.J. (2018). Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. Review. *Trends in Plant Science*, Vol. 23, p. 1029–1037.
18. Walling, E., Vaneckhaute, C. (2020). Greenhouse gas emissions from inorganic and organic fertilizer production and use: A review of emission factors and their variability, *Journal of Environmental Management*, Vol.276, P111211. Pieejams: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111211>.