

Tilbage

Planter

Effekten af plantebeskyttelsesmidler i samspil med biochar

Biochar kan påvirke effektiviteten af planteværnsmidler.

Viden om

Hvad er biochar?

Biochar eller biokul er den kulfraktion, der er tilbage efter en pyrolyseproces, og som anvendes til jordforbedring på landbrugsjorde. Pyrolyse er en termokemisk proces, hvor organisk materiale (biomasse) opvarmes til 200 - 800°C uden eller med begrænset tilførsel af ilt. Ved pyrolyse produceres der, foruden biochar, også biolie og gas, som kan anvendes som energikilder i stedet for fossile brændstoffer.

Biochar som jordberigelse

Generelt anses biochar for at have en positiv effekt på dyrkningsegnetheden af jorden, særligt i tropiske og subtropiske områder, hvor jorden ofte er forsuret, lav på næringsstoffer og generelt mindre frugtbar end i f.eks. Danmark, hvor den dyrkede jord kalkes, gødes og generelt har en bedre sundhed og frugtbarhed (Elsgaard et al., 2022).

Ifølge Elsgaard et al. (2022), har flere studier vist, at biochar ikke har nogen reel gavnlig effekt på udbytterne på landbrugsjorde i tempererede egne, eftersom jordene her i forvejen er af så høj kvalitet. Der er dog set positive effekter af biochar på grovsandede jorder, hvilket sandsynligvis skyldes en forbedret vandholdningsevne. Ydermere er det muligt, at biochar kan bruges som erstatning for kalk til at sænke pH i marken, men der er behov for mere forskning på området, herunder langsigtede studier for at undersøge hvor længe effekten varer, og hvor ofte biochar bør tilføres jorden (Elsgaard et al., 2022; Lévesque et al., 2020).

Lévesque et al. (2020) konkluderer, at der overordnet set er positive effekter af jordberigelse med biochar på jordens sundhed og produktivitet, også i tempererede egne som f.eks. Danmark, men at man her bør fokusere mere på de mulige miljømæssige fordele, såsom mindsket næringsstofudvaskning, kontrollerede drivhusgasemissioner, kulstofbinding, øget pH i jorden og heraf følgende mindskede udgifter til gødning og kalk, fremfor et evt. højere udbytte, som ikke ses i lige så stor udstrækning som i de tropiske egne. Desuden foreslår disse forfattere, at biochar kan anvendes som bærestof for f.eks. podemidler, pesticider eller gødning ved udbringning.

Da biochar er et porøst materiale med et større overfladeareal og partikelstørrelse end almindelige landbrugsjorde, har det potentiale til at reducere jordens kompakthed og øge jordens porøsitet, vandholdningsevne, vandledningsevne og stabilitet (Guo & Song, 2022). Funktionelle grupper, såsom carboxyl- (-COOH), hydroxyl- (-OH) og fenolgrupper, på overfladen af biochar kan binde næringsstoffer og reducere udvaskning heraf (Guo & Song, 2022; Liu et al., 2018).

Derudover indeholder biochar i sig selv vigtige næringsstoffer for planter, herunder Ca, Mg, K, S og P, og er med sin oftest basiske natur blevet vist at kunne modvirke forsuring af jorden (Guo & Song, 2022; Ippolito et al., 2015). Disse parametre i kombination er blevet vist at kunne forbedre sundheden af de dyrkede planter samt stimulere planternes syntese af sekundære metabolitter, hvorved planterne blev mere modstandsdygtige overfor sygdomme og skadevoldere (Amaral et al., 2022).



Biochar er et meget alsidigt materiale og dets specifikke egenskaber, såsom pH, specifikt overfladeareal, porøsitet, kationadsorptionskapacitet (CEC, et mål for mængden af negative ladninger på overfladen af biochar, som kan binde positivt ladede ioner/kationer), samt indhold af flygtige og opløselige komponenter, aromatiske forbindelser, samt mineraler og kulstof, afhænger af hvilke biomasser (feedstock), der anvendes ved produktionen, opholdstiden, samt hvilken temperatur og opvarmningshastighed pyrolysen foregår ved (Brtnicky et al., 2021; Elsgaard et al., 2022; Guo & Song, 2022).

Biochar kan fremstilles ud fra stort set alle former for biomasse, og under meget forskellige betingelser i pyrolyseprocessen, hvilket medfører at egenskaberne for biochar varierer ganske betydeligt. Ifølge (Brtnicky et al., 2021), har studier f.eks. vist, at biochar produceret ved 500°C og derover har større overfladeareal, er mere porøst, og har flere specifikke bindingssteder for planteværnsmidler.

Elsgaard et al. (2022) har også vist, at pH af biochar afhænger af produktionstemperaturen, således at en højere pyrolysetemperatur resulterede i et højere pH af (en vandig opløsning af) biochar.

Biochar kan påvirke effektiviteten af planteværnsmidler

Der er mange forskellige faktorer, der påvirker hvordan pesticider (planteværnsmidler) agerer i en jord beriget med biochar. De fleste planteværnsmidler består af syntetisk fremstillede organiske stoffer, som kan have meget forskellige egenskaber i forhold til f.eks. retentionstid i jorden, nedbrydningsmekanismer og selektivitet overfor plantearter (de Prado et al., 2022).

Planteværnsmidlernes fysisk-kemiske egenskaber er medvirkende til at afgøre, hvad der sker med dem efter udbringning. F.eks. har et planteværnsmiddels vandopløselighed (polaritet) betydning for, om det befinder sig i vandfasen, hvor det er tilgængeligt for planter, eller om det er bundet til den faste fase i jorden (de Prado et al., 2022).

Ifølge Khalid et al. (2020), er vandopløselige midler mere tilbøjelige til at blive udvasket til grundvandet, eftersom de kun danner meget svage bindinger til jord og biochar, hvorimod et mere fedtopløseligt/upolært middel vil binde sig til organiske stoffer, jordpartikler og sedimentter (de Prado et al., 2022).

Planteværnsmidlets syre/base styrke (pKa eller pKb) er ifølge de Prado et al. (2022) og (de Sousa et al., 2022) ligeledes bestemmende for, om midlet vil være i opløst form eller bundet til jordpartikler, afhængig af jordens pH. Desuden har planteværnsmidlets virkemåde betydning for, om dets effektivitet kan påvirkes af tilførsel af biochar.

Jordens egenskaber, såsom jordtype, pH og mineralindhold, samt biokullets egenskaber, f.eks. overfladeareal, porøsitet og bindingssteder, i samspil med planteværnsmidlets egne specifikke egenskaber og det omkringliggende miljø og klima, er bestemmende for effekten af det tilførte middel. Samspillet mellem alle disse faktorer gør det yderst vanskeligt at prædiktere, hvorledes et middel vil agere i forskellige miljøer (de Prado et al., 2022; Liu et al., 2018).

Når planteværnsmidler udbringes på marken, ender en større eller mindre del af den udbragte mængde i sidste ende i jorden, uanset om de udbringes før eller efter fremspiring. Jorden består af et komplekst system af en fast fase (organisk materiale og mineraler), en flydende fase (vand med opløste salte, molekyler med lav molekylvægt og humusstoffer) og en gasfase (luft).

Sammensætningen varierer fra lokation til lokation, og i forhold til jorddybde. Det betyder, at planteværnsmidler kan indgå i et utal af kemiske reaktioner, afhængig af den specifikke jords fysisk-kemiske egenskaber (de Prado et al., 2022). Tilførsel af biochar til jorden påvirker ligeledes effekten af en lang række planteværnsmidler via forskellige mekanismer.

Biochar er som nævnt stærkt adsorberende, og derfor er det i stand til at binde og dermed også reducere biotilgængeligheden af planteværnsmidler for planter. Kapaciteten for adsorption af planteværnsmidler afhænger af de fysisk-kemiske egenskaber af biochar. Adsorption sker, når de funktionelle grupper der findes på overfladen af biochar danner kemiske bindinger til ioner eller organiske stoffer.

Et højt indhold af organisk kulstof giver et større potentiale for adsorption, ligesom et større specifikt overfladeareal og en mere porøs struktur fører til større adsorption af planteværnsmidler. Adsorptionskapaciteten er en afgørende faktor for, hvor effektive planteværnsmidler (og særligt jordmidler) er i dette samspil, da en større adsorptionskapacitet betyder at en større andel af planteværnsmidlet vil være stærkt bundet til biochar, og således ikke biotilgængeligt for ukrudtsplanterne (Khorram et al., 2016).

En lige så vigtig parameter for effektiviteten af pesticider er dog desorptionskapaciteten (reversibel adsorption), altså hvordan planteværnsmidler, der er adsorberet til overfladearealet af biochar, kan frigives og herved atter blive tilgængelige for planter. Desorption kan ske som følge af en deformation af makroporennetværket i biochar, eller det kan ske fordi bindingerne mellem planteværnsmidlet og biocharoverfladen er svage og

let brydes.



Flere studier har dog vist, at tilførsel af biochar kan føre til øget irreversibel adsorption af planteværnsmidler, hvorved planteværnsmidlet bindes så stærkt til biocharoverfladen, at det ikke frigives igen, eller det indkapsles i mikroporestrukturen. Irreversibel adsorption mindsker biotilgængeligheden af planteværnsmidler signifikant, og kan føre til en ophobning af uønskede stoffer i jorden (Khorram et al., 2016).

Samtidig har flere studier dog vist, at den stærke adsorption af planteværnsmidler til biochar kan mindske biotilgængeligheden af planteværnsmidler for ukrudtsplanter, særligt midler direkte påført jorden før fremspiring, også kaldet jordmidler, hvilket vil resultere i behov for tilførsel af større doser af planteværnsmidler for at opnå samme effekt, samt øge risikoen for udvikling af resistens hos ukrudtsplanter (Brtnicky et al., 2021; Khalid et al., 2020; Khorram et al., 2016). Flere studier har vist, at effektiviteten af jordvirkende planteværnsmidler falder, i takt med at indholdet af biochar i jorden stiger, netop på grund af en øget adsorption (Khorram et al., 2016).

Effekt af 2 ukrudtsmidler

I et studie af Nag et al. (2011) undersøgte man effektiviteten af forskellige doser af 2 ukrudtsmidler, atrazin og trifluralin, på fremspiring og vækst af rajgræs, i jord beriget med forskellige niveauer af biochar. Trifluralin har en meget lav vandopløselighed og en høj sorptionsgrad og højt damptryk, hvorimod atrazin er meget vandopløseligt med en lav sorptionsgrad og damptryk. Trifluralin er et jordmiddel, der inhiberer mitose i roden hvorved rodudviklingen bremses, når spiren kommer i kontakt med midlet.

Atrazin derimod optages i vandig opløsning af rødderne og transporteres til bladene, hvor det inhiberer fotosyntesen. I studiet så man, at trifluralin reducerede fremspiringen signifikant, mens atrazin havde væsentlig lavere effekt på fremspiring. Desuden var der mere biomasse på jord behandlet med atrazin i forhold til jord behandlet med trifluralin.

Det argumenteredes, at fordi atrazin let gik i opløsning i vandfasen, transporteredes det hurtigt væk eller kom i kontakt med flere adsorptionspunkter, hvorved effektiviteten faldt mere, i forhold til trifluralin, som forblev immobil og dermed ikke kom i kontakt med yderligere adsorptionspunkter efter udbringning. I begge tilfælde var højere doser nødvendige for at reducere rajgræsbiomassen, når indholdet af biochar i jorden steg, idet der således var flere tilgængelige bindingssteder hvortil midlerne kunne adsorberes (Nag et al., 2011).

Et behov for øgede doser af planteværnsmidler som følge af biochartilførsel er blevet påvist i flere studier, for at opnå samme virkning som på jorde uden biocharberigelse (Khalid et al., 2020; Nag et al., 2011).

Det større behov for pesticider er en økonomisk og miljømæssig uønsket konsekvens af biochar i landbrugsjorde, som bør tages højde for i arbejdet med biochar.

Den stærke affinitet af visse planteværnsmidler mod biochar kan fungere som et effektivt redskab til at binde og dermed forhindre udvaskning af planteværnsmidlerne ved tilførsel på jorder tæt ved f.eks. søer og vandløb, til sanering af forurenede jorder, samt som et middel til at mindske de tilgængelige koncentrationer for planter, der ikke er mål for planteværnsmidler, og dermed yde beskyttelse hertil (Brtnicky et al., 2021).

I et forsøg af Yu et al. (2009), blev det vist, at planter dyrket i jord beriget med biochar optog signifikant mindre pesticid (carbofuran og chlorpyrifos) end planter dyrket i jord uden biochar, og at biochar produceret ved 850°C reducerede koncentrationen i plantevævet signifikant mere end biochar produceret ved 450°C.

Derudover blev det vist at, jo højere et biocharindhold i jorden (1,0% > 0,5% > 0,1%), jo mere reduceredes koncentrationen af pesticiderne i plantematerialet. Faktisk viste forsøget, at 1% biochar reducerede koncentrationen af carbofuran og chlorpyrifos med hhv. 75 % og 90 % i forhold til kontroljorden uden tilsat biochar. Resultaterne taler for, at det er muligt at anvende biochar i vækstmediet umiddelbart omkring afgrøden som beskyttelse imod jordmidler, fordi biotilgængeligheden af pesticidet for planten reduceres så kraftigt.

Biochar kan påvirke den mikrobielle nedbrydning af planteværnsmidler

I nogle tilfælde er det set, at nedbrydningen af planteværnsmidler i jorden mindskes, fordi biotilgængeligheden også reduceres for mikrobielle nedbrydere (Brtnicky et al., 2021; Khalid et al., 2020). Det er dog også i andre tilfælde set, at den øgede mængde af næringsstoffer tilført jorden via biochar har haft en positiv indvirkning på aktiviteten af mikroorganismer, hvorved bionedbrydningen af planteværnsmidler forøgedes. Der er behov for yderligere undersøgelser af disse mekanismer for at kunne prædikere resultatet af berigelse med biochar (Khorram et al., 2016).

Biochar ændrer sig over tid

Over tid ændrer biochar struktur og sammensætning på grund af forskellige fysiske og kemiske påvirkninger, herunder oxidation, mikrobiel nedbrydning, temperaturudsving, vanderosion med videre. Disse ændringer påvirker bindingskapaciteten af biochar til planteværnsmidler. Oxidation kan øge antallet af funktionelle grupper (f.eks. -OH, -C=O og -COOH) på biocharoverfladen, hvilket vil øge adsorptionskapaciteten.



Biochar kan på den anden side også adsorbere jordpartikler og organisk materiale, hvorved adsorptionskapaciteten for andre molekyler, herunder planteværnsmidler, reduceres. Det kan igen modvirkes via erosion og transport med vand, som kan frigøre blokerede mikroporer og bindingssteder og øge det specifikke overfladeareal, hvortil planteværnsmidler kan adsorberes.

Hvordan aldringen af biochar forløber, afhænger af jorden, klimaet og det specifikke biochar. Fordi de fysiske-kemiske egenskaber for biochar kan ændre sig signifikant over tid, kan det være nødvendigt, løbende at tilføje friskt biochar for at opnå de ønskede effekter (Khalid et al., 2020; Mielke et al., 2022).

Konklusion

Biochar er et komplekst materiale, og dets egenskaber afhænger helt af hvilken biomasse der bruges, samt under hvilke forhold, det fremstilles. Ligeledes er landbrugsjorde forskellige fra lokation til lokation, og varierer også i dybden. Planteværnsmidler varierer også betragteligt i fysiske-kemiske egenskaber, og i kombination med det omkringliggende klima og miljø, er det vanskeligt at forudsige hvordan et pesticides virkning påvirkes af jordberigelse med biochar.

Mange studier har dog vist, at den høje adsorptionskapacitet af biochar bevirker, at pesticider binder stærk dertil, hvorved biotilgængeligheden og dermed effektiviteten af midlerne reduceres signifikant. Det betyder, at der skal tilføres større mængder af pesticid for at opnå den ønskede effekt, samt at der er risiko for udvikling af resistens, hvis der uforvarende tilføres suboptimale mængder af pesticid som en konsekvens jordberigelse med biochar.

Med den rette viden om den stærke affinitet mellem biochar og pesticider, kan biochar dog også være et værdifuldt redskab til f.eks. at sanere jorde og vådområder, der er forurenede med pesticider eller andre organiske komponenter. Desuden kan biochar tilføres til vækstmediet lige omkring en afgrøde, der ikke er målet for et jordmiddel, og her yde specifik beskyttelse.

Biochar er i særligt blevet studeret i tropiske og subtropiske egne, hvor jordene ofte er udpinte og forsurede, og her har man set mange positive effekter af berigelsen. Dog er der ikke foretaget så mange studier i tempererede egne, og dem der er, har ikke vist signifikante effekter på f.eks. udbytte, fordi landbrugsjorde her ofte er af høj kvalitet og tilført kalk for at reducere forsuring.

Der er evidens for, at biochar kan erstatte kalktilførsel og samtidig bidrage med positive effekter, inkl. tilførsel af næringsstoffer, øget vandbindingsevne og mindsket jordkompakthed.

Teknologien er dog endnu ung, og der mangler stadig megen viden på området. Derfor er det nødvendigt at foretage yderligere studier for blandt andet at afklare, hvordan biochar fungerer i tempererede egne og hvordan jordberigelse med biochar påvirker effektiviteten af pesticider.

Referencer

Amaral, G. da S., Ix-Balam, M. A., Mendes, K. F., da Silva, M. F. das G. F., & Alcantara-del la Cruz, R. (2022). Impacts of Biochar Addition on Herbicides' efficacy for Weed Control in Agriculture. In K. F. Mendes (Ed.), *Interactions of Biochar and Herbicides in the environment* (1st ed., Vol. 1, pp. 219–251). CRC Press.

Brtnicky, M., Datta, R., Holatko, J., Bielska, L., Gusiatin, Z. M., Kucerik, J., Hammerschmiedt, T., Danish, S., Radziemska, M., Mravcova, L., Fahad, S., Kintl, A., Sudoma, M., Ahmed, N., & Pecina, V. (2021). [A critical review of the possible adverse effects of biochar in the soil environment](#). In *Science of the Total Environment* (Vol. 796). Elsevier B.V.

de Prado, R., Palma-Bautista, C., Vazquez-García, J. G., & Alcántara-de la Cruz, R. (2022). Influence of Herbicide Environmental Behavior on Weed Management. In K. F. Mendes (Ed.), *Interactions of Biochar and Herbicides in the Environment* (1st ed., Vol. 1, pp. 1–271). CRC Press.

de Sousa, R. N., Soares, M. B., dos Santos, F. H., Leite, C. N., & Mendes, K. F. (2022). Interaction Mechanisms Between Biochar and Herbicides. In K. F. Mendes (Ed.), *Interactions of Biochar and Herbicides in the Environment* (1st ed., Vol. 1, pp. 1–273). CRC Press.

Elsgaard, L., Adamsen, A. P. S., Møller, H. B., Winding, A., Jørgensen, U., Mortensen, E. Ø., Arthur, E., Abalos, D., Andersen, M. N., Thers, H., & Sørensen, P. (2022). KNOWLEDGE SYNTHESIS ON BIOCHAR IN DANISH AGRICULTURE.

Guo, M., & Song, W. (2022). Agricultural Applications of Biochar. In *Interactions of Biochar and Herbicides in the environment* (1st ed., pp. 1–273). CRC Press.



Ippolito, J. A., Spokas, K. A., Novak, J. M., Lentz, R. D., & Cantrell, K. B. (2015). Biochar elemental composition and factors influencing nutrient retention. In J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management* (2nd ed., pp. 1–907). Routledge.

Khalid, S., Shahid, M., Murtaza, B., Bibi, I., Natasha, Asif Naeem, M., & Niazi, N. K. (2020). [A critical review of different factors governing the fate of pesticides in soil under biochar application](#). *Science of the Total Environment*, 711.

Khorram, M. S., Zhang, Q., Lin, D., Zheng, Y., Fang, H., & Yu, Y. (2016). [Biochar: A review of its impact on pesticide behavior in soil environments and its potential applications](#). In *Journal of Environmental Sciences (China)* (Vol. 44, pp. 269–279). Chinese Academy of Sciences.

Lévesque, V., Oelbermann, M., & Ziadi, N. (2020). [Biochar in temperate soils: opportunities and challenges](#). In *Canadian Journal of Soil Science* (Vol. 102, Issue 1, pp. 1–26). Agricultural Institute of Canada.

Liu, Y., Lonappan, L., Brar, S. K., & Yang, S. (2018). [Impact of biochar amendment in agricultural soils on the sorption, desorption, and degradation of pesticides: A review](#). In *Science of the Total Environment* (Vol. 645, pp. 60–70). Elsevier B.V.

Mielke, K. C., Mendes, K. F., & Guimarães, T. (2022). Effects of Biochars on Sorption and Desorption of Herbicides in Soil. In K. F. Mendes (Ed.), *Interactions of Biochar and Herbicides in the Environment* (1st ed., Vol. 1, pp. 1–273). CRC Press.

Nag, S. K., Kookana, R., Smith, L., Krull, E., Macdonald, L. M., & Gill, G. (2011). [Poor efficacy of herbicides in biochar-amended soils as affected by their chemistry and mode of action](#). *Chemosphere*, 84(11), 1572–1577.

Yu, X. Y., Ying, G. G., & Kookana, R. S. (2009). [Reduced plant uptake of pesticides with biochar additions to soil](#). *Chemosphere*, 76(5), 665–671.

Emneord

Bekæmpelsesmidler

Kulstofopbygning

Publiceret: 13. december 2022

Opdateret: 13. december 2022

Vil du vide mere?



Eva Bräuner Sørensen

Konsulent

SEGES Innovation P/S

evas@seges.dk

Støttet af

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Agro Food Park 15
8200 Aarhus N

Fax. 8740 5010
Email info@seges.dk

