

En pilotstudie av effekter på markens funktioner när vi bryter ett bestånd av det fleråriga spannmålet Kernza™

Linda-Maria Dimitrova Mårtensson och Tove Sundström

Institutionen för Biosystem och Teknologi, SLU

Introduktion

Perenna grödor, inklusive Kernza®, är kända för att bygga upp markens mullhalt. Detta organiska material innehåller näring, som frisätts under den nedbrytning som markorganismerna ansvarar för. Markorganismernas aktivitet regleras av tillgången på föda (levande och dött organiskt material), men också av kemiska och fysikaliska förutsättningar såsom optimalt gasutbyte, vilket påverkas av markens struktur och vattenstatus. Våra odlingsåtgärder påverkar dessa olika förutsättningar. Till exempel kan mekanisk markbearbetning ha positiva effekter på markstrukturen men samtidigt negativa effekter på exempelvis markens innehåll av organiskt material [1], aktiv markmikrobiell biomassa [2], dagmaskförekomst [3], och bördighet och kvalitet i jorden [4]. Tidigare har vi visat att en djupare, konventionell plöjning är mer framgångsrik för att avsluta ett bestånd av Kernza™, men att det också tycks som om den djupare plöjningen kan ersättas av flera grundare bearbetningar [5,6]. Samma studie visade på en större framgång hos den efterföljande rödbetan i de konventionellt plöjda leden än i de mera grunt bearbetade leden, vilket ledde till hypotesen att näringsämnen kanske fortfarande var otillgängliga när den efterföljande grödan behövde dem i de led som bearbetats ytligt. Minskad jordbearbetning och inslag av vallgrödor i växtföljden ökar markens innehåll av organiskt material [7], vilket också är fallet för det perenna spannmålet Kernza [8]. Markens organiska material är både en produkt av och en resurs för nedbrytning, och kan därför kopplas till en högre biologisk aktivitet [9]. Det är alltså sannolikt att marken i det perenna systemet har en högre grad av biologiskt liv och aktivitet eftersom den inte bearbetats på några år och haft levande rötter närvarande året runt under dessa år. På dessa grunder har vi genomfört ett försök där ett sexårigt bestånd av Kernza™ avbrutits med ytlig markbearbetning och passat på att jämföra med den intilliggande växtföljden med uteslutande ettåriga grödor, som bearbetas relativt intensivt varje år. För att följa upp den föregående studien har vi studerat markens respiration och andra markparametrar för att få ledtrådar om vad som sker i marken när vi bryter ett bestånd av Kernza™. Detta faktablad presenterar resultaten från studien där vi utgått från två hypoteser:

Markens respiration är högre i jordprover från odlingen av den perenna Kernza™ än från växtföljden med ettåriga grödor.

Respirationen är högre då markens mullhalt, kol- och kväveinnehåll är högre i det perenna beståndet än i växtföljden med ettåriga grödor.

Hypoteserna grundar sig i den perenna odlingen inte markbearbetats under flera år och varit bevuxet året runt, vilket bör leda till en uppbyggnad av såväl markens mullhalt som mängden marklevande organismer.

Material och metoder

Försöksplatsen är belägen på SITES forskningsstation Lönnstorp, SLU, i Alnarp (55,65°N, 13,06°E) och har en relativt bördig jord (tabell 1). Årsmedel-temperaturen är 9°C och årsmedel-nederbörden 500 mm på platsen.

Frön av Kernza™ tillhör cykel 3 i förädlingsprogrammet för flerårigt spannmål på The Land Institute of Salinas, Kansas, USA [10]. Odlingen etablerades 2015 och har gödslats årligen med mineralgödsel

(YaraMila 27-3-3) motsvarande 40 kg NPK ha⁻¹ år⁻¹ (motsvarande 11 kg N, 0,52 kg P och 1,0 kg K ha⁻¹ år⁻¹) och har skördats årligen i augusti eller september.

I slutet av maj 2021 avslutades Kernza™ med tallrikskultivator till 7 cm markdjup (Väderstad NZA 600, Väderstad, Sweden). I hela försöket genomfördes mekanisk ogräsbearbetning genom att skapa falsk såbädd [11] med kultivator till 10 cm markdjup (Väderstad Cultus 350, Väderstad, Sweden) varpå rotfrukter (morot och rödbeta) såddes in i juni.

Jordprover togs tre gånger under säsongen: i maj (innan det perenna beståndet bröts), i juli (mitt i nästa odlingsäsong) och i september (innan skörd av den efterföljande grödan). Jordprover togs manuellt med ett jordborr med en diameter 2,5 cm till ett djup på 10 cm. Prover för bestämning av skrymdensitet togs försiktigt med hjälp av en metalcyliner (10 cm i höjd och 7,5 cm i diameter) efter det att växttäckets skurits av längs med markytan. Jordproverna sållades genom ett 2 mm nät för homogenisering och för att erhålla prov utan stenar och större fragment av växter och djur.

Markens respiration bestämdes med kommersiellt Solvita® CO₂-burst kit i 30 ml rumstorkad jord efter 24 timmars inkubation varpå digital avläsning sker av värdena som korrigeras mot skrymdensiteten [11,12]. Jordprovernas kol- och kväveinnehåll bestämdes med FLASH 2000 (Thermo Scientific), varpå kol-kvävekvoten beräknades. Glödförlusten bestämdes genom vägning och beräkning efter glödning i 350°C under 3 h. Skrymdensiteten (g cm⁻³) beräknades som förhållandet mellan nettovikten av den torra jorden (torkad vid 105°C i 24 timmar) och volymen av jordprovet.

Markparametrarna analyserades med hjälp av en faktoriell design med block som slumpfaktor och odlingsystem som fasta faktorer i en flervariabel variansanalys med Tukey's post-hoc-test med signifikansnivå p<0,05 (Programvara från IBM Statistics SPSS).

Tabell 1. Generella markegenskaper på försöksplatsen.

pH (H ₂ O)	7,3
Mullhalt	0,9 %
P _{al-lac}	51 mg kg ⁻¹
P _{tot}	0,36 g kg ⁻¹
K _{al-lac}	65 mg kg ⁻¹
K _{tot}	1,4 g kg ⁻¹

Resultat

Markens respiration (p<0,05), kol-kvävekvot (p<0,05), totala kolinnehåll (p<0,05) och glödförlust (p<0,001) var högre i det perenna odlingsystemet i jämförelse med i växtföljden med ettåriga grödor medan markens skrymdensitet var lägre (p<0,001) i det perenna odlingsystemet i jämförelse med i växtföljden med ettåriga grödor (diagram 1). Markens respiration (p<0,05) och glödförlust (p<0,001) var högre vid den andra och tredje provtagningstidpunkten jämfört med vid den första provtagningstidpunkten. Markens kol-kvävekvot (p<0,001) och totala kolinnehåll (p<0,001) var högre vid den tredje provtagningstidpunkten jämfört med vid den första och andra provtagningstidpunkten. Markens totala kväveinnehåll (p<0,05) var högre vid den tredje provtagningstidpunkten jämfört med den första provtagningstidpunkten, medan kväveinnehållet vid andra provtagningstidpunkten inte skilde sig från varken första eller tredje. Markens skrymdensitet (p<0,001) var lägre vid den första och andra provtagningstidpunkten jämfört med den tredje provtagningstidpunkten.

Diskussion

Det är tydligt att den fleråriga grödan Kernza™ ger en högre markrespiration och ett högre innehåll av organiskt material. Det är känt sedan tidigare att olika typer av fleråriga örtartade grödor bidrar till uppbyggnad av mullhalten i odlingsmark. Däremot är detta den första studien som bekräftar att så också gäller för den fleråriga spannmålsgrödan Kernza™ i ett svenskt odlingssammanhang.

Många marklevande organismer, som t ex dagmask [13] och mykorrhiza [14], är känsliga för störning i form av markbearbetning. Den generellt högre biologiska aktiviteten (markrespirationen) i det perenna beståndet jämfört med i växtföljden med ettåriga grödor förklaras av att markbearbetning inte gjorts under sex år och det organiska material som nått marken har stannat där i större utsträckning än i ett mera frekvent bearbetat odlingssystem. Närvaron av rötter året runt erbjuder ett kontinuerligt inflöde av organiskt material ger en ökad tillgång på energi, kol och annan näring för marklevande organismer. Det är därför föga förvånande att vårt resultat visar att markens biologiska aktivitet också följer övriga uppmätta parametrar såsom kol-kvävekvot, kolinnehåll och glödförlust (halten organiskt material). Ett undantag är det totala kväveinnehållet, som skiljer sig väldigt lite åt mellan odlingssystemen och därför inte ger något utslag i den statistiska analysen. Detta kan bero på att kväve är begränsande och därmed omsätts snabbare i jämförelse med omsättningen av kol.

Struktur är också en viktig parameter för en välfungerande jord. Fram till första bearbetningen visar våra resultat tydligt hur det fleråriga beståndet erbjuder en lägre skrymdensitet än systemet som bearbetats årligen (växtföljden med ettåriga grödor). Däremot ser vi också tydligt att skrymdensiteten blir betydligt lägre och dessutom likvärdig i de båda systemen efter bearbetning. Detta hade varit intressant att följa upp både aggregatfördelning och aggregatstabilitet under odlingssäsongens olika faser, för att kunna dra slutsatser om både kort- och långsiktiga effekter av perenn odling på markens struktur.

Markens respiration, mullhalt och totala kol- och kväveinnehåll är generellt starkt reglerade av säsongsförutsättningarna [15] med mer gynnsamma förhållanden generellt under odlingssäsongen, vilket alltid ger skillnader över tid vid studier som denna. För markorganismer gäller generellt att populationerna växer till och blir mera aktiva när balansen mellan fukt och temperatur är som mest optimal för dem och många organismgrupper har sitt optimum någon gång under odlingssäsongen. Därtill är det viktigt att beakta att odlingssystemens egenskaper och våra odlingsåtgärder (som t ex val av grödor och markbearbetning) påverkar livet i marken. I det här fallet ger det perenna systemet i sig en ökad andel organiskt material, dvs. energi- och näringsresurser, enligt ovan. Dessutom myllas växtmaterial ner i jorden vid bearbetningen, vilket förser markorganismerna med ett färskare och mer lättnedbrytbart material, vilket i sin tur kan gynna den biologiska aktiviteten. Samtidigt skapar markbearbetningen potentiellt gynnsammare temperatur- och fuktförhållanden samt ökar syretillgången. På så sätt kan våra odlingsåtgärder gynna den biologiska aktiviteten både på mycket kort sikt (strax efter markbearbetning), på lite längre sikt (över säsongen) och eventuellt på längre sikt (en bibehållen högre mullhalt efter perenn gröda). Viktigt att notera i sammanhanget är att även om vi följt systemen under en odlingssäsong, så vet vi fortfarande väldigt lite om synkroniseringen mellan markens näringsleverans och olika grödors behov. En tidigare pilotstudie [5] indikerar på att näringsleveransen inte är optimalt synkroniserad med den efterföljande grödans behov. Detta kräver fortsatta fältförsök för att kunna föreslå växtföljder och odlingsåtgärder där det perenna spannmålet ingår som en komponent för långsiktigt hållbar bördighet tillsammans med en hög produktivitet i svensk växtodling.

Referenser

1. Alcántara, V., Don, A., Well, R., Nieder, R., 2016. Deep ploughing increases agricultural soil organic matter stocks. *Global Change Biology* 22, 2939-2956. <https://doi.org/10.1111/gcb.13289>
2. Alvarez, C.R., Alvarez, R. 2000. Short-term effects of tillage systems on active soil microbial biomass. *Biology and Fertility of Soils* 31, 157-161. <https://doi.org/10.1007/s003740050639>

3. Chen, X., Liang, A., Wu, D., McLaughlin, N.B., Jia, S., Zhang, S., Zhang, Y., Huang, D., 2021. Tillage-induced effects on organic carbon in earthworm casts through changes in their physical and structural stability parameters. *Ecological Indicators* 125, 107521. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107521>
4. Peigné, J., Lefevre, V., Vian, J.F., Fleury, Ph., Vian, J.F., 2015. Conservation Agriculture in Organic Farming: Experiences, Challenges and Opportunities in Europe. In: Farooq, M., Siddique, K.H.M. (Eds), *Conservation Agriculture*. Springer International Publishing, Switzerland, pp 559-578.
5. Chen, X., Liang, A., Wu, D., McLaughlin, N.B., Jia, S., Zhang, S., Zhang, Y., Huang, D., 2021. Tillage-induced effects on organic carbon in earthworm casts through changes in their physical and structural stability parameters. *Ecological Indicators* 125, 107521. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11620-4_21
6. Dimitrova Mårtensson, L.-M. Barreiro, A. Olofsson, J., 2021. The Perennial Grain Crop *Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & D.R. Dewey (Kernza™) as an Element in Crop Rotations: A Pilot Study on Termination Strategies and Pre-Crop Effects on a Subsequent Root Vegetable. *Agriculture* 2021, 11, 1175. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111175>
7. Dimitrova Mårtensson, L.-M. Barreiro, A. Olofsson, J., 2021. Det fleråriga spannmålet Kernza™ som ett element i växtföljden: En pilotstudie om metoder för att bryta beståndet och dess förfruktseffekter på rödbeta. *LTV-fakultetens faktablad* 2021:16. Fakta från SLU Partnerskap Alnarp.
8. Jordon, M.W., Willis, K.J., Bürkner, P.-C., Haddaway, N.R., Smith, P. & Petrokofsky, G. (2022). Temperate Regenerative Agriculture practices increase soil carbon but not crop yield—a meta-analysis. *Environmental research letters*, 17 (9), 93001-. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8609>
9. Culman, S.W., DuPont, S.T., Glover, J.D., Buckley, D.H., Fick, G.W. , Ferris, H., Crews, T.E. (2010) Long-term impacts of high-input annual cropping and unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs in Kansas, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137, 13-24. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2009.11.008>
10. Kibblewhite, M., Ritz, K., Swift, M.. (2008). Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (1492), 685–701. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>
11. Zhang, X., Sallam, A., Gao, L., Kantarski, T., Poland, J., DeHaan, L., Wyse, D.L., Anderson, J.A., 2016. Establishment and Optimization of Genomic Selection to Accelerate the Domestication and Improvement of Intermediate Wheatgrass. *Plant Genome* 9. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2015.07.0059>
12. Solvita. 2021. CO2-Burst: Measure CO2 respiration. <http://solvita.com/co2-burst/>
13. McGowen, E.B., Sharma, S., Deng, S., Zhang, H. and Warren, J.G. (2018), An Automated Laboratory Method for Measuring CO2 Emissions from Soils. *Agricultural & Environmental Letters*, 3: 180008. <https://doi.org/10.2134/ael2018.02.0008>
14. Emmerling, C. (2001) Response of earthworm communities to different types of soil tillage. *Applied Soil Ecology* 7:91-96. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00132-3](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00132-3)
15. Brito, I., Goss, M.J. De Carvalho, M. (2012) Effect of tillage and crop on arbuscular mycorrhiza colonization of winter wheat and triticale under Mediterranean conditions. *Soil Use and Management* 28:202-208. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2012.00404.x>
16. Bastida, F., Moreno, J.L., Hernández, T., García, C. (2006) Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate. *Soil Biology and Biochemistry* 38:3463-3473. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.06.001>

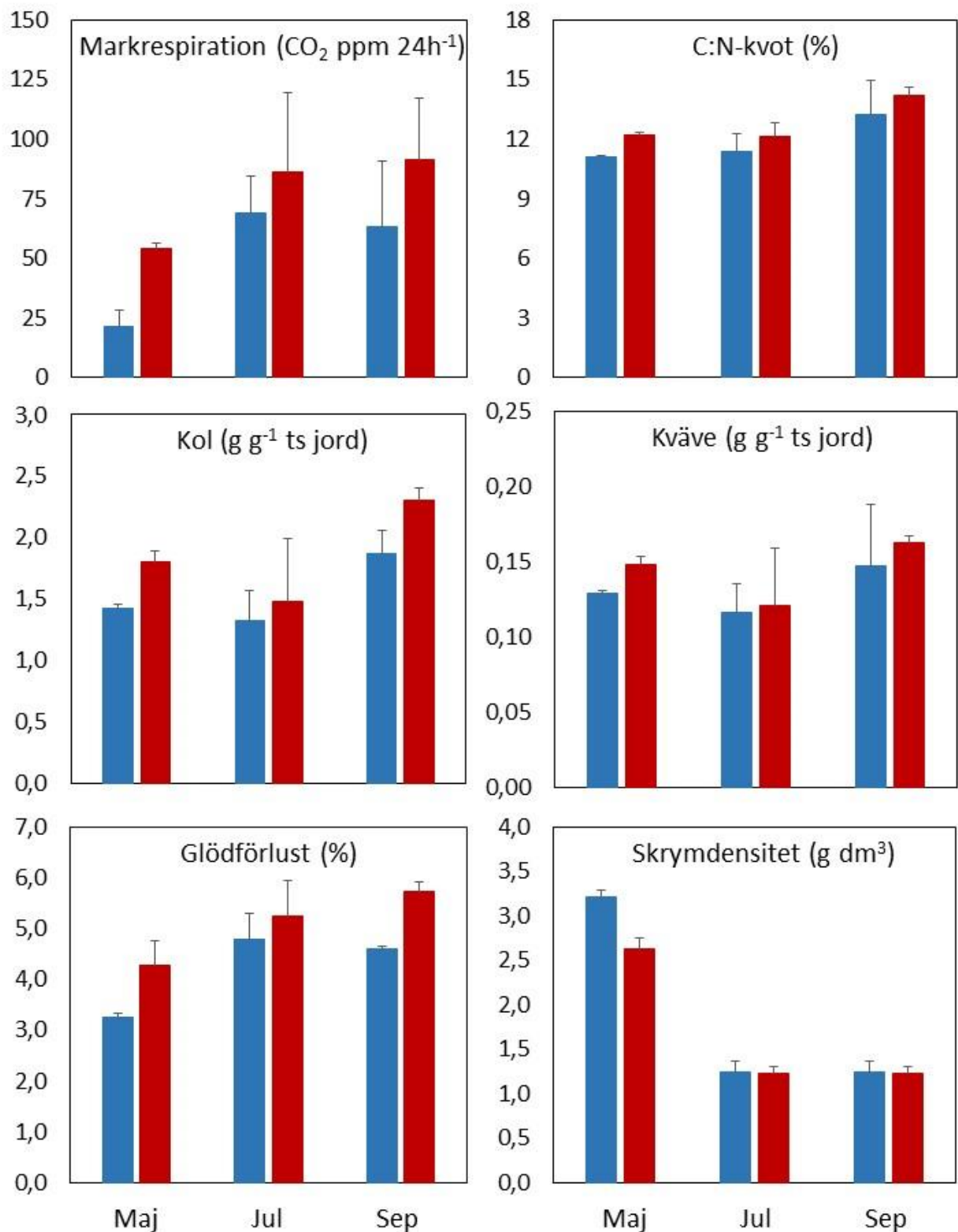


Diagram 1. Markens respiration (ppm 24h⁻¹), kol-kvävekvot (%), totala kolinnehåll (g g⁻¹ ts jord), totala kväveinnehåll (g g⁻¹ ts jord), glödförlust (%) och bulkdensitet var lägre (g dm³) i flerårigt odlingsystem (röda staplar) och i växtföljd med ettåriga grödor (blå staplar) vid provtagningstidpunkter i maj, juli och september.