



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för växtproduktionsekologi
Department of Crop Production Ecology

Interreg



Co-funded by
the European Union

Aurora

Rötrestar och rötrestprodukter som gödselmedel till vete och havre

Fältförsök i Umeå inom projekt Boost Nordic
Biogas

Digestate and digestate products as fertilizers to
wheat and oat. Field experiments in Umeå,
Sweden within the project Boost Nordic Biogas

Cecilia Palmborg och Boel Sandström

Rapport nr 40 / Report No. 40





Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för växtproduktionsekologi
Department of Crop Production Ecology

Rötrestar och rötrestprodukter som gödselmedel till vete och havre

Fältförsök i Umeå inom projekt Boost Nordic
Biogas

Digestate and digestate products as fertilizers to
wheat and oat. Field experiments in Umeå,
Sweden within the project Boost Nordic Biogas

Cecilia Palmborg, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi,
<https://orcid.org/0000-0003-0342-1612>

Boel Sandström, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi,

Publicerad av/Publisher:

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för växtproduktionsekologi

Box 7043, 750 07 Uppsala

ISBN (elektroniskt): 978-91-8124-179-2

DOI: <https://doi.org/10.54612/a.14me6m5cab>

Title in English: Digestate and digestate products as fertilizers to wheat and oat. Field experiments in Umeå, Sweden within the project Boost Nordic Biogas

Referat:

I rapporten presenteras resultat från gödslingsförsök med rötrestprodukter till vårvete och havre tre år i rad. Rötrestprodukterna var flytande rötrest, rötrestpellets, avvattnad rötrest, slambiol och ammoniumsulfat. Försöken hade både ogödslade och mineralgödslade kontroller och sköttes som konventionella försök med kemisk ogräsbekämpning.

Summary:

This report presents the results of fertilization experiments with digestate products to spring wheat and oat three years in a row. The digestate products tested were liquid digestate, dewatered digestate, pelleted digestate, sludge biochar and ammonium sulphate. The experiments had both unfertilized controls and controls fertilized with mineral fertilizers.

Ämnesord: Cirkulära gödselmedel, rötrest, spannmål

Keywords: Circular fertilizers, digestate, grain crops

Redaktörer/Editors: Lisa Beste och Nilla Nilsson-Linde

Omslagsfoto/Cover illustration: Cecilia Palmberg

ORCID: Cecilia Palmberg, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi, <https://orcid.org/0000-0003-0342-1612>

Copyright ©2026 SLU.

Förord

Denna studie gjordes inom projektet [Boost Nordic Biogas](#) i arbetspaket 6: Användning av gödselmedel från biogasverk i jordbruket.

Projektet finansierades av Europeiska unionen via den interregionala fonden Interreg Aurora (Boost Nordic Biogas NYPS-id 20357975). Nationella medfinansierare i Finland var Lapplands förbund och i Sverige Region Västerbotten, Region Västernorrland, Alviksgårdens Lantbruks AB, Bodens kommun, Härnösand Energi och Miljö, Lumire, Norrmejerier, Skellefteå kommun, Vakin. Projektpartners för Boost Nordic Biogas är Yrkeshögskolan Novia (koordinerande partner), Ab Stormossen Oy, BioFuel Region, Sveriges lantbruksuniversitet och SINTEF Narvik.

Den här studien har varit möjlig att genomföra genom SITES - Swedish Infrastructure for Ecosystem Science, I detta fall SITES Röbbäcksdalen. SITES nuvarande finansiering är genom Vetenskapsrådet anslag nummer 2021-00164. Tack till all fältpersonal på SITES Röbbäcksdalen.

Tack också till Kirsti Veldman som gjorde ett kandidatarbete om tungmetaller i spannmål där hon provtog jorden i det stora fältförsöket och mätte pH i den.

Umeå mars 2026

Cecilia Palmborg

Institutionen för växtproduktionsekologi



Sammanfattning

Att röta samhällets biologiska avfall är ett effektivt sätt att återanvända energi och växtnäringsämnen. Rötresten är ett bra gödselmedel men den är oftast väldigt utspädd och behöver koncentreras för att kunna transporteras ekonomiskt mer än någon mil. Vi har undersökt olika rötrestprodukters gödselvärde till vårvete och havre i två försök på Röbäcksdalens forskningsstation i Umeå, Västerbotten. I det första försöket, pelletsförsöket, undersökte vi gödslingseffekten av rötrestpellets av svinggödsel och slaktavfall som spreds i mängder från 40 till 140 kg N/ha och år och jämförde med NPK-gödsel. I det andra försöket, stora försöket, undersökte vi kombinationer av olika kväve- och fosforgödselmedel. Det visades sig dock att jorden på försöksfältet var så fosforrik att vi inte fick några signifikanta fosforeffekter på avkastningen jämfört med kontrollen utan fosforgödsel.

En viktig frågeställning var om kvarvete kan odlas i Västerbotten med tillräcklig avkastning och kvalitet. Vetet som odlades 2023 och 2025 var Quarna, en sort som mognar tidigt och har hög proteinhalt men inte ger jättehög avkastning. Havren 2024 var Cilla. År 2023 var ett år med försommartorka. Då blev både avkastning (3500–4500 kg per ha för full kvävegödsling) och kvalitet tillräckligt bra för kvarvete. År 2025 gav lika hög avkastning som 2023 men en lång regnperiod i september gjorde att falltalen blev mycket låga och allt gödlat vete dög bara till foder. Vetet som inte fått någon kvävegödsel hade däremot högre falltal än kvävegödslat både 2023 och 2025. Havren 2024 gav mycket god avkastning även utan gödsel (3300–3900 kg per ha) och den ökade med ökad kvävegödsling till 5500–6500 kg per ha.

De rötrestpellets vi testade fungerade generellt mycket likt NPK-gödselmedel. Alla tre åren ökade avkastningen med ökande kvävegödselevel, men avkastningsökningen över 70 kg N var bara signifikant det första året. Råproteinhalten var hög i alla gödslingsår 2023 medan 2024 och 2025 var det högre proteinhalt vid gödsling med 70 kg N/ha eller mer. Fetthalten i havren 2024 ökade också med ökande kvävegödsling, och detta gällde också det stora försöket.

Cirkulärt ammoniumsulfat jämfördes med ammoniumnitrat som gödselmedel. Vi kunde inte se några signifikanta skillnader i gödslingseffekt mellan ammoniumsulfat och ammoniumnitrat. Båda gödselmedlen var försurande för jorden och ammoniumsulfat var något mer försurande än ammoniumnitrat. Det ledde till högre halter av kadmium i spannmålen som var gödlat med ammoniumsulfat. Halterna var dock lägre än gränsvärdet för vete.

Biokol och avvattnad rötrest från hushållsavfall tillfördes bara en gång vid försöksstarten och jämfördes med mineralfosfor. Det fanns bara vissa mindre kvalitetsskillnader mellan dessa gödselmedel och mineralfosfor. Slambiol gav lägre tusenkornvikt och litervikt än mineralfosfor för vete 2023 och avvattnad rötrest gav lägre tusenkornvikt. I vete 2025 gav slambiol också något högre stråstyrka kombinerat med 100 kg N/ha, men skillnaden var mycket liten. Den avvattnade rötresten hade också en kväveeffekt på avkastningen och proteinhalten i vete 2023 som ungefär motsvarade dess innehåll av oorganiskt kväve.

Flytande rötrest spreds på rutor tvärs över försöket, så de var inte slumpmässigt fördelade. Det gick därför inte att göra en formell statistisk jämförelse med mineralgödsel. Vi kunde dock konstatera att alla tre åren var både avkastning, kvalitet och stråstyrka mycket lik spannmålen som fått 100 kg N/ha med ammoniumnitrat. Ett undantag var vetets falltal 2023 som var lägre efter gödsling med rötrest.

Nyckelord: cirkulära gödselmedel, rötrest, spannmål

Abstract

Anaerobic digestion is an efficient way to reuse energy and plant nutrients in organic waste. Digestate is a good fertilizer but it is often very diluted and needs to be concentrated to facilitate transports longer than some 10 kilometres. In two experiments at Röbbäcksdalen field station in Umeå, Västerbotten, we have investigated the value of different digestate products as fertilizers to spring wheat and oat. The first experiment was comparing the fertilizer effect of increasing amounts, 40–140 kg/ha digestate pellets of swine manure and offal with NPK-fertilizer. The second experiment, the large experiment, was investigating combinations of different nitrogen and phosphorous fertilizers. However, the soil in the experimental field was too rich in phosphorous to reveal any significant differences with or without phosphorous fertilization.

Spring wheat is not commonly grown in Västerbotten, so one aim was to investigate the feasibility of spring wheat cropping in this northern climate. We used the variety Quarna which is maturing early and has high protein content, but not very high yield. The oat variety Cilla was used 2024. The early summer 2023 was very dry and warm. Then both yield (3500–4500 kg/ha with full fertilization) and quality of wheat was enough for milling. In 2025 the wheat yield was similar but a long rain period in the autumn made the falling numbers, a measure of starch quality, very low and all N-fertilized wheat was downgraded to fodder quality. Unfertilized wheat had higher falling numbers than N-fertilized both years. Oat variety Cilla gave very good yield (3300–3900 kg/ha) even without fertilization and it increased with increasing N-fertilization to 5500–6500 kg/ha.

The digestate pellets we tested gave results very much like NPK-fertilizer. The yield increased with increasing N-fertilization all three experimental years but further yield increase with fertilization higher than 70 kg N per ha was significant only the first year. Raw protein concentrations were high in all treatments 2023, but 2024 and 2025 the protein concentrations were higher after fertilization with 70 kg N/ha or more. The fat concentration in oats also increased with increasing N-fertilization and this was seen also in the large experiment.

Recycled ammonium sulphate was compared with ammonium nitrate in the large experiment. There were no significant differences in yield or quality between these fertilizers. Both fertilizers were acidifying for the soil and ammonium sulphate was somewhat more acidifying than ammonium nitrate. This caused higher concentrations of cadmium in both wheat and oat grains. However, the concentrations were lower than the limit for wheat.

Biochar and dewatered digestate were only applied to the plots once in the beginning of the experiment and compared to mineral phosphorous. There were only minor quality differences between these fertilizers and mineral phosphorous. Sludge biochar gave lower thousand grain weight and hectolitre weight than mineral phosphorous for wheat 2023 and dewatered digestate gave lower thousand grain weight. One minor positive effect was lower proportion of lodging when 100 kg N/ha was combined with sludge biochar. Sludge biochar also prevented lodging somewhat 2025 when combined with 100 kg N/ha. Dewatered digestate had a nitrogen effect on yield and protein content in wheat 2023 that was proportional to its ammonium content.

The effect of liquid digestate was measured on plots from a band across the large experiment. Thus, we could not make a proper statistical comparison. However, we could conclude that yield, grain quality and lodging after fertilization with liquid digestate were very similar to after fertilization with 100 kg ammonium nitrate N/ha. An exception was falling number 2023 that was lower after fertilization with liquid digestate.

Keywords: circular fertilizers, digestate, grain crops

Innehållsförteckning

Förkortningar	9
1. Bakgrund	10
2. Material och metoder	12
2.1 Pelletsförsöket.....	12
2.2 Stora försöket.....	13
2.3 Skötsel och dokumentation.....	15
2.4 Analyser och statistisk bearbetning	15
3. Resultat	17
3.1 Skörd av spannmål	19
3.2 Kvalitetssegenskaper.....	21
3.3 Jordens pH och tungmetaller i spannmål	25
4. Diskussion	27
4.1 Gödslings effekter på avkastning och kvalitet.....	28
4.2 Gödslings effekter på pH i mark och tungmetaller i spannmål	28
Referenser.....	30

Förkortningar

Fl. rötrest	Flytande rötrest
LCA	Livscykelanalys
NS	Ammoniumsulfat
P-AL	Fosfor extraherat med ammoniumlaktat
TKV	Tusenkovnvikt
TS	Torrsubstanshalt

1. Bakgrund

Att röta samhällets biologiska avfall är ett effektivt sätt att återanvända energi och växtnäringsämnen. Rötresten är ett bra gödselmedel men den är oftast väldigt utspädd och behöver koncentreras för att kunna transporteras ekonomiskt mer än någon mil. I norra Sverige är befolkningstätheten låg och gårdarna ligger ofta långt från varandra. Därför kan transportkostnaderna för rötrest till lämpliga åkrar bli höga. En livscykelanalys (LCA) för biogasverk i södra Sverige visade att transporter var det som gav mest klimatpåverkan när olika behandlingar av rötrest jämfördes och att avvattning och torkning av rötresten kan minska denna påverkan (Lima *et al.* 2025). Lantbrukare föredrar också granulerade eller pelleterade gödselmedel framför halvfasta och är oroliga för markpackning vid spridning av flytande gödsel (Lima *et al.* 2024).

Pelletering av gödsel görs bara på några få platser i Europa och är vanligast i Spanien (Jensen 2013). I Nederländerna har nitratrika svinpellets använts framgångsrikt i försök, men de blev ändå ingen kommersiell succé (Vos & van der Putten 2000). Om man torkar och pelleterar gödsel utan att vidta åtgärder för att hindra ammoniakavdunstning så kan gödseffekten minska (Brod *et al.* 2018) eller helt utebli (Chiyoka *et al.* 2014). Genom att tillsätta syra kan avdunstningen av ammoniak under processen förhindras (O'Connor *et al.* 2024). I Alviksgården i Norrbotten har man en anläggning som torkar och pelleterar rötrest från svingödsel och slaktavfall där man använder svavelsyra för att behålla ammonium i rötresten. Detta ger en svavelrik pellet med 84 % av kvävet som ammonium som vi använde i pelletsförsöket (Tabell 1).

Flytande rötrest innehåller alla näringsämnen som kommer från det rötade substratet. Gödselvärdet av rötresten beror på vad det är man rötat och ofta ger rötrest från matrester bra gödseffekt. Rötresten är oftast svagt basiskt och då förskjuts balansen mellan ammonium och ammoniak mot ammoniak och risken för avdunstning av allt växttillgängligt kväve vid felaktig hantering är stor. Det är därför viktigt att täcka gödseltankar och att mylla ned rötresten. Det gör att den passar bra att sprida innan sådd av spannmål då jorden är bar och lättmyllad. Flytande rötrest har ofta ett högt gödselvärde: Räknat på den totala kvävehalten var mineralgödselekvivalenten för flytande rötrest 70 % vilket var nästan lika högt som för blodmjöl (Delin *et al.* 2012). Det mesta av rötresten från biogasanläggningar som inte hanterar avloppsslam används som flytande rötrest. Den genomsnittliga TS-halten är 6 % för hela Sverige (Klackenberg 2025).

Avvattnad rötrest fås genom en separering av den fasta fasen från vätskefasen i den flytande rötresten. Näringsämnen som finns i det organiska materialet som fosfor och organiskt kväve tenderar att följa med den fasta fasen, medan vattenlösliga näringsämnen som ammonium och kalium följer med vätskefasen. Det blir därför ofta en relativ brist på växttillgängligt kväve och kalium i avvattnad rötrest. Den vanligaste avvattnade rötresten är rötat avloppsslam som har en genomsnittlig TS-halt på 24-25 % (Klackenberg 2025). År 2024 användes 55 % av avloppsslammet i Sverige i jordbruket, vilket var en ökning. Det avloppsslam som inte används i jordbruket används oftast som anläggningsjord. När man avvattnar avloppsslam får man så

kallat rejektivatten. Detta går ofta tillbaka till reningsverket direkt men man kan också t. ex. utvinna ammoniumsulfat.

Ammoniumsulfat är ett mineralgödselmedel som man bland annat kan få genom att utvinna ammonium ur den flytande fraktionen från avvattning av rötrest eller rena ventilationsluft från torkning av rötrest från ammoniak i en fälla med svavelsyra (Szymanska *et al.* 2019). Ammonium är försurande eftersom det omvandlas till nitrat i jorden i en process som bildar vätejoner och att växterna utsöndrar vätejoner när de tar upp ammonium från markvattnet.

Slambiokol tillverkas av avvattnat och torkat slam genom pyrolys, det vill säga upphettning och förbränning i syrefri miljö. Processen gör att både vikten och volymen hos slammet minskar och att det därmed blir betydligt lättare att transportera (Goldan *et al.* 2022). Det mesta kvävet i slammet försvinner i pyrolysen, men övriga näringsämnen blir kvar. De kan dock vara väldigt hårt bundna i kolet (Kooij *et al.* 2025). Det gäller särskilt när reningsverket använt järn och/eller aluminium för att rena avloppsvattnet från fosfor, vilket är den helt dominerade processen i Sverige och Finland. Det slambiokol som använts i dessa försök är järnrikt, kommer från Helsingfors och har en tillsats av vedartat parkavfall för att få en bättre energiekonomi i pyrolysen. Slambiokol kan användas som gödselmedel, men också t. ex. som tillsats till förorenad jord för att binda tungmetaller och hindra upptag av dessa i växter (Yue *et al.* 2017, Praspaliauskas *et al.* 2020).

2. Material och metoder

Försöken utfördes på ett fält (latitud 63,81, longitud 20,20) tillhörande Röbbäcksdalens forskningsstation i Umeå. Marken är en mullrik mo/mjåla och innan försöket anlades odlades en gräs/klövervall som inte var stallgödslad. Två försök utfördes 2023-2025. Det ena, pelletsförsöket, var ett försök med rötrestpellets och NPK med olika gödslingsmängder. Det andra, stora försöket, var ett försök med kombinationer av olika kväve- och fosforgödslingar och också flytande rötrest från HEMAB i Härnösand. Innehållet av N, P och K i gödselmedlen redovisas i Tabell 1. Väderdata från odlingssäsongerna mättes på Röbbäcksdalen och hämtades från SMHIs hemsida.

Tabell 1: Spridda mängder per år och näringsämnen i gödselmedel använda i försöken.

Gödselmedel	Substrat	Ton/ha	Torrsubstans-halt %	Total-kväve kg/ton	Oorganiskt kväve kg/ton	Fosfor kg/ton	Kalium kg/ton
Pelleterad rötrest	svingödsel + slaktavfall	0,6-2,1	94,6	66,6	56,1	10	26
Flytande rötrest	bioavfall 2023	26	5,2	4,2	2,8	0,36	1,7
	bioavfall 2024	26	2,8	3,36	2,436	0,266	1,26
	bioavfall 2025	26	4,0	4,4	2,88	0,44	1,44
Biokol 2023	avloppsslam + vedartat avfall	2,2	60,7	11,7	1,6	29,7	4,3
Avvattnad rötrest 2023	bioavfall	14	24,3	12,3	3,2	2,2	1,3
Biototal N21	Ammoniumsulfat	0,48		210	210		
Axan N27	Ammoniumnitrat	0,37		270	270		

2.1 Pelletsförsöket

Jorden i försöket hade ett pH på 5,9 och tillgängligt fosfor (P-AL) på 9,7 mg/100 g torr jord vid försöksstart. Experimentet utfördes på rutor som var 2,65 m breda och 12 m långa. Två gödselmedel användes: NPK 21-3-10 och rötrestpellets från Alviksgården i Norrbotten. De rötter svingödsel ihop med slaktavfall och sedan avvattnar, pelleterar och torkar rötresten med en metodik som förhindrar avdunstning av ammonium i rötresten. Sammansättningen av pelletsen är NPKS 7-1-3-8 med 5,6 % ammoniumkväve (Tabell 1). En behandling var ogödslad och båda gödselmedlen spreds i fyra doser; 40, 70, 100 och 140 kg N/ha. Alla gödslingsbehandlingar upprepades fyra gånger i en randomiserad blockdesign (figur 1). År 2023 spreds gödselmedlen maskinellt med en såmaskin för försöksrutor. Det blev dock dålig uppkomst i spåren efter traktorn och det tog stopp i maskinen ibland vid spridningen av de

större pelletsdoserna. Därför spreds gödselmedlen för hand 2024 och 2025. Försöket harvades i rutornas längdriktning efter gödselspridning och före sådd alla år.



Figur 1. Drönarfoto över pelletsförsöket 1 juni 2025. Block 1 och 2 är i raden till vänster och block 3 och 4 i raden till höger. De rutor som fått full kvävegödsling syns genom att de är mörkgröna. Fotografer: Victor Manabe och Elisa Cadei

2.2 Stora försöket

Jorden i försöket hade ett pH på 5,7 och tillgänglig fosfor (P-AL) på 12,9 mg/100 g torr jord vid försöksstart. Rutstorleken var liksom i pelletsförsöket 2,65*12 m men rutorna gödslade med flytande rötrest var större, 4,8*12 m. Den flytande rötresten spreds med en spridare som myllade jorden över rötreststrängen (figur 2). Det var meningen att den flytande rötresten skulle spridas i fyra band över försöket så att de fyra rutorna kunde bli slumpmässigt fördelade i varje block. År 2023 gick det dock åt så mycket rötrest till kalibrering av spridaren att rötresten började ta slut redan till det andra bandet. Vi använde därför bara rutorna i det första bandet 2023 och 2024. År 2025 blev det stopp i såmaskinen vid sådd av det första bandet och därför användes istället det andra bandet (figur 3).

Övriga gödslingsbehandlingar var alla möjliga kombinationer av fyra fosforbehandlingar och fyra kvävebehandlingar (Tabell 2). Mineralkväve spreds som Axan N27, ammoniumnitrat i två givor (50 kg N och 100 kg N/ ha). Mineralfosfor, 14,3 kg P/ha, spreds som superfosfat, P20, i samma mängd som i pelletsförsökets giva med 100 kg N. År 2024 och 2025 spreds också kalium, 48 kg/ha, till alla rutor utom de som fått flytande rötrest för att undvika att kalium blev begränsande. Mineralgödseln spreds precis som i pelletsförsöket med försökssåmaskin 2023 och för hand 2024 och 2025.

Ammoniumsulfat, NS, från Oxelösunds järnverk löstes upp i 20 l vatten/ruta och spreds med vattenkanna alla tre åren. År 2023 spreds fast rötrest och slambiol för hand och detta ansågs vara en förrådsgödsling som skulle räcka till alla tre försöksåren. Ammoniumkvävet i den avvattade rötresten räknades bort när mineralkvävemängden beräknades.



Figur 2. Gödselspridare som användes för flytande rötrest. Fotograf Malin Barrlund.

Tabell 2: Gödslingsbehandlingar i stora försöket år 2023. År 2024 och 2024 fick behandlingarna med avvattnad rötrest lika mycket kvävegödsel som de andra fosforbehandlingarna.

Led	Beteckning	Gödsel
1	Biokol 100N	Biokol+ 100 kg N/ha som ammoniumnitrat
2	Biokol 50N	Biokol+ 50 N/ha som ammoniumnitrat
3	Biokol 100NS	Biokol+100 kg N/ha som ammoniumsulfat
4	Biokol 0N	Biokol
5	Rötrest 100N	Avvattnad rötrest+ 59 kg N/ha som ammoniumnitrat
6	Rötrest 50N	Avvattnad rötrest + 29 kg N/ha som ammoniumnitrat
7	Rötrest 100NS	Avvattnad rötrest + 59 kg N/ha som ammoniumsulfat
8	Rötrest 0N	Avvattnad rötrest
9	Mineralfosfor 100N	Mineral P+ 100 N/ha som ammoniumnitrat
10	Mineralfosfor 50N	Mineral P+ 50 N/ha som ammoniumsulfat
11	Mineralfosfor 100NS	Mineral P+ 10/ha 0 NS
12	Mineralfosfor 0N	Mineral P
13	100N	100 kg N/ha som ammoniumnitrat
14	50N	50 N/ha som ammoniumnitrat
15	100NS	100 NS/ha som ammoniumsulfat
16	0N	Ogödslad
17	Fl. rötrest	Flytande rötrest



Figur 3 Drönarfoto över stora försöket 10 juli 2025. En blek remsa högst upp och ett mörkgrön band är band 1 med rötrest som delvis inte blev sått. Inne i försöket syns sedan tre mörkgröna band som går över hela försöket där flytande rötrest spreds. Bara det översta av dessa band skördades dock 2025. Försöket har fyra block som ligger på varsin rad men mellan block 1 och block 2 är ett mellanrum där marken var lite dåligt dränerad. De rutor som fått full kvävegödsling syns genom att de är mörkgröna. Fotografer: Victor Manabe och Elisa Cadei

2.3 Skötsel och dokumentation

Försöken sköttes som konventionella spannmålsförsök på försöksstationen, d.v.s. med kemisk ogräsbekämpning. Kemisk bekämpning av insekter och svampsjukdomar brukar inte behövas och utfördes därför inte. Under odlingssäsongerna dokumenterades försöken med drönarfotografering särskilt i början och slutet på odlingssäsongerna. Fotografier togs också från marken på utvalda rutor. År 2025 gjordes mer noggranna graderingar av sjukdomsförekomst och mognad samt räkning av antal ax och mätning av strålängd. Stråstyrka graderades år 2024 och 2025, då några av rutorna i försöken hade fått liggsäd.

2.4 Analyser och statistisk bearbetning

Analysbudgeten för projektet var mycket begränsad. Därför analyserades bara två prover per behandling av vete på Agrilab, Uppsala. Ett prov per ruta togs ut av från den tröskade

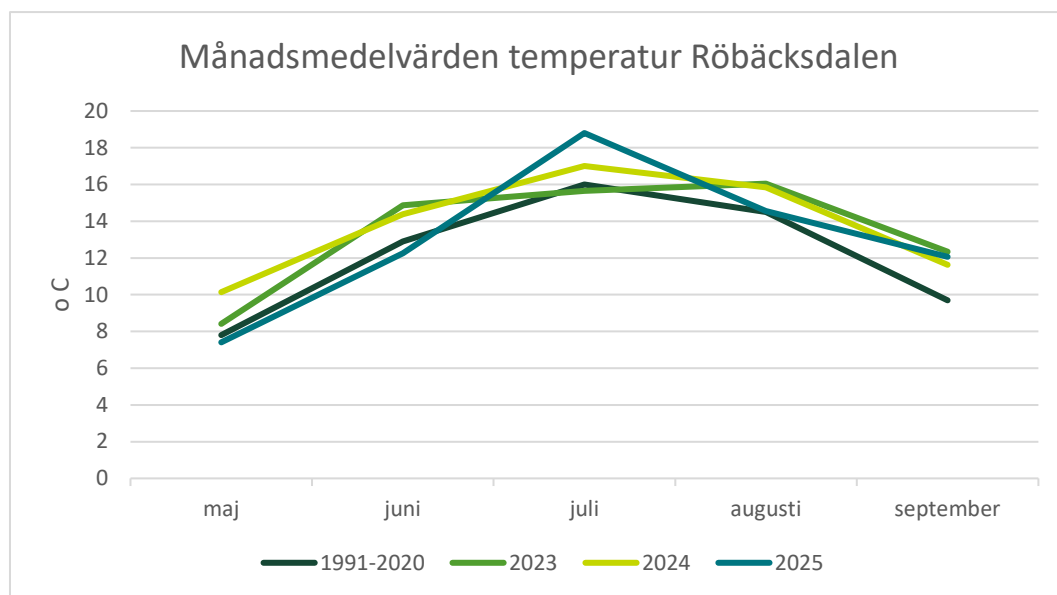
spannmålen under tröskningen. Dessa torkades först i 30° C i 5-7 dagar och sedan i rumstemperatur. De torra proverna förvarades i rumstemperatur och hälften av provet av en behandling från block 1 slogs ihop med hälften av motsvarande prov från samma behandling i block 2. Samma procedur gjordes för block 3 och block 4. Råprotein, gluten, stärkelse och ergosterol analyserades med NIT (Nära infraröd transmission). Litervikt, tusenkornsvikt och falltal analyserades med traditionella metoder. Kompletterande analyser gjordes av egen personal med utrustningen Grainsense (som använder NIR, nära infraröd reflektans) (Pesonen 2018). Tre mätningar på olika småprov av korn gjordes från varje ruta, d.v.s. på fyra prover per behandling. Alla analyser av vete som presenteras här är gjorda av Agrilab. Resultaten av Grainsense-mätningarna var mycket likartade även om inte enskilda mätningar stämde överens. Havren från 2024 analyserades bara med Grainsense.

Jordprover från utvalda behandlingar togs i augusti 2024 i samband med ett kandidatarbete och efter skörd 2025. År 2024 mättes pH på en representativ del av provet inom ett dygn efter provtagningen. År 2025 förvarades jordproven en vecka i kylrum innan mätningarna. Ett delprov sållades på 2 mm såll innan 5 ml jord togs ut och skakades med 25 ml avjoniserat vatten i 2 timmar varefter det fick sedimentera över natt innan pH-mätningarna vilka gjordes två gånger för varje prov.

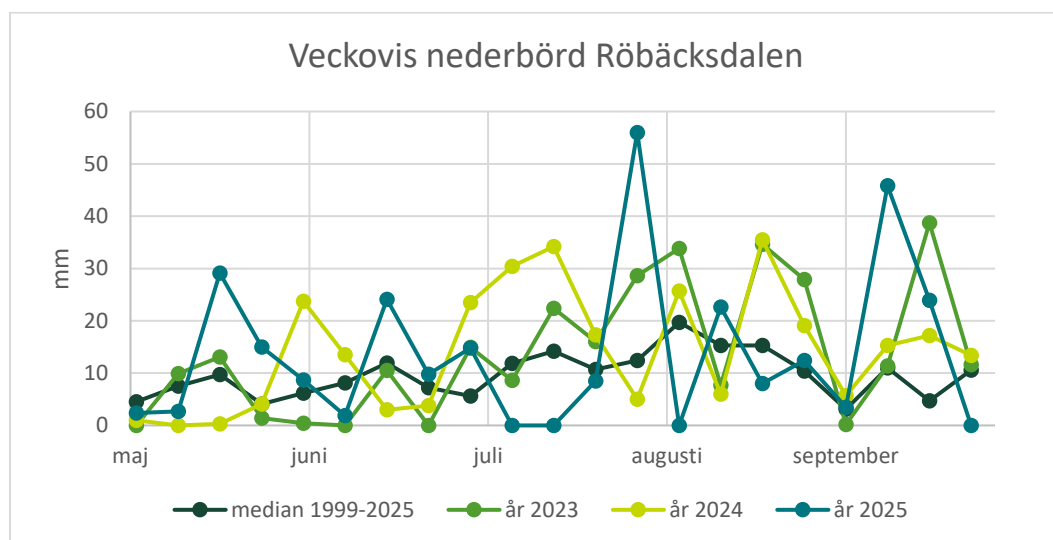
Statistiska analyser gjordes med programvaran NCSS 2020. Modulen ANOVA/ General Linear Model användes. I pelletsförsöket användes faktorerna gödselmedel och kvävemängd i gödsel (fasta faktorer) och block (slumpmässig faktor). Kraftigt avvikande värden i skördedata förekom i pelletsförsökets block 3 och 4 år 2024 och block 4 år 2025 och därför uteslöts dessa block från de data som analyserades statistiskt. I det stora försöket användes faktorerna kvävegödsel och fosforgödsel och block. När det fanns tillräckligt med data analyserades också interaktionen mellan de fasta faktorerna, men denna var bara signifikant i något enstaka fall. Skillnader mellan gödslingsbehandlingarna analyserades med Tukey-Kramers test för jämförelser mellan alla möjliga par av behandlingar med $P < 0,05$ som signifikansgräns.

3. Resultat

Temperaturen under odlingssäsongerna visas i figur 4 och nederbörden visas i figur 5. Försöken etablerades bra alla tre åren. Det första året var det dock lite sämre etablering i hjulspåren efter gödselspridningen. År 2023 utvecklades vetet bra utan att drabbas av några allvarligare sjukdomsangrepp. Det var dock en längre torrperiod i juni och början av juli som troligen påverkade tillväxten negativ (figur 5). Det regnade en hel del i månadskiftet augusti-september, men skörden blev bara måttligt försenad.



Figur 4. Månadsmedelvärden av temperatur under odlingssäsongen från Röbbäcksdalens väderstation hämtade från SMHIs öppna data. Som jämförelse är normaldata från 1991-2020.



Figur 5. Veckovisa nederbördsvärden under odlingssäsongen från Röbbäcksdalen summerade från dagliga värden hämtade från SMHIs öppna data med början 1 maj varje år.

Tabell 3: Graderingar och mätningar utförda under fältsäsongerna i havre (2024) och vete (2025). Rutorna med flytande rötrest var inte slumpmässigt fördelade i försöket och därför inte signifikant skilda, men finns med som jämförelse.

Parameter	Sädesslag och försök	År	Värde vid Mineralfosfor +100N	Gödsling med signifikant skillnad
Ogräs % täckningsgrad	Vete Pelletsförsöket	2025	19 %	40 kg N 10 % 0N 5 %
	Vete Stora försöket	2025	25 %	50 kg N 18 % 0N 9 % fl. rötrest 11 %
Kronrost % av bladytan	Havre Pelletsförsöket	2024	30 %	40 kg N 9 % 0N 5 %
	Havre Stora försöket	2024	32 %	50 kg N 15 % 0N 6 %
Bladfläcksjukdomar % av bladytan	Vete Pelletsförsöket	2025	5 %	0N 1 % 40 kg N 1%
	Vete Stora försöket	2025	11 %	50 kg N 4 % 0 N 1 %
Stråstyrka 23 aug % som står upp	Havre Pelletsförsöket	2024	96 %	140 kg N 57 %
	Havre Stora försöket	2024	88 %	50 kg N 100 % 0N 99 % fl. rötrest 77%
Stråstyrka 26 sept. % som står upp	Vete Pelletsförsöket	2025	92 %	140 kg N 87 %
	Vete Stora försöket	2025	90 %	50 kg N 100 % 0N 0 % Biokol 100 N 93 %
Stråbrott 26 sept % av stråna	Vete Pelletsförsöket	2025	2,5 %	Inga signifikanta skillnader
	Vete Stora försöket	2025	30 %	50 kg N 3% 0N 0 %
Gulmognad datum	Vete Pelletsförsöket	2025	5 sept.	0 N 31 aug 40 kg N 30 aug Svinpellets 31 aug
	Vete Stora försöket	2025	31 aug	0 N 28 aug fl. rötrest 2 sept.
Strålängd cm	Vete Pelletsförsöket	2025	78 cm	0 N 66 cm
	Vete Stora försöket	2025	74 cm	0 N 65 cm

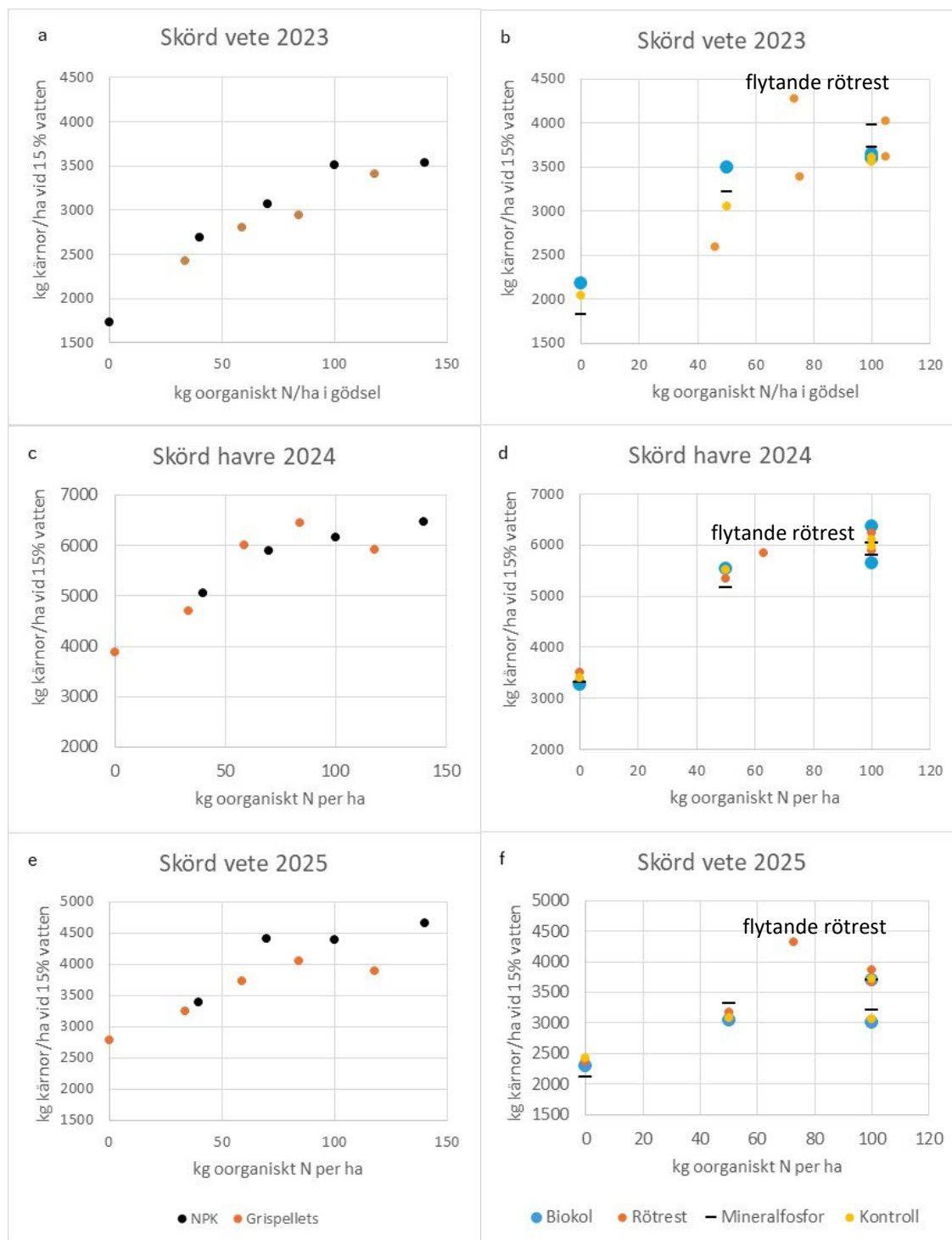
År 2024 var ett mycket bra vädermässigt år med något varmare än normalt och regn jämnt spritt över säsongen. Havren drabbades dock av kronrost och angreppet var kraftigare där det var gödlat med mer kväve i båda försöken (Tabell 3). Detta gjorde att bladen vissnade för tidigt

så att fotosyntesen, och därmed också tillväxten av kärnorna avstannade. Mognaden graderades bara vid ett tillfälle, 23/8 2024, och då var allt redan moget. Kraftiga regn i augusti gjorde också att havren lade sig i de rutor som fått mycket kvävegödsel (Tabell 3). Den kunde inte sköras förrän 5 september.

År 2025 var ett temperaturmässigt ojämnt år, med en kylig försommar, hetta och torka i juli och återigen kyligare i augusti. Vetet drabbades av bladfläcksjukdomar, som var mer omfattande där det var gödslat med högre kvävemängd (Tabell 3), men det var inte så allvarligt att det mognade i förtid. Tvärtom mognade de ytor som inte fått kvävegödsel tidigare än de som var kraftigast gödslade (Tabell 3). Det var inga signifikanta skillnader i antal ax per meter i raden i något av försöken. Vetet hade längre strån där det var kvävegödslat, men det var inga skillnader mellan kvävegödselmedel. Det var också mer ogräs med mer kvävegödsling, med signifikanta skillnader mellan kvävenivåerna (Tabell 3). Vi väntade in att alla rutor mognade före tröskning, vilket var den 3 september och sen kom en regnperiod då det regnade lite varje dag vilket försenade skörden till den 26 september. Då hade det hunnit bli en del liggsäd, särskilt i rutor med mycket kvävegödsel.

3.1 Skörd av spannmål

Avkastningen av spannmål ökade med ökande kvävegödsling alla år (figur 6). I pelletsförsöket ökade dock inte skörden signifikant ytterligare vid gödsling med mer än 70 kg oorganiskt kväve vid odling av havre 2024 (figur 6c) och vete 2025 (figur 6e). Inget av åren var det någon signifikant skillnad i skörd mellan rötrestpellets och NPK om man bara räknar med innehållet av oorganiskt kväve i rötrestpellets. I det stora försöket var det aldrig någon signifikant skillnad i skörd mellan de olika fosforbehandlingarna. Det var heller aldrig någon skillnad i skörd mellan ammoniumnitrat och ammoniumsulfat. Däremot gav 50 kg N alltid högre skörd än utan kvävegödsel och lägre skörd än 100 kg N även om den senare skillnaden var mindre 2024 och 2025 än 2023. Den flytande rötresten gav alltid minst lika stor skörd som 100 kg N även om det inte gick att göra en formell statistisk jämförelse på grund av att rutorna inte var slumpmässigt fördelade i försöket.



Figur 6: Avkastning av spannmål i fältförsöken. a, c, och e är från försöket med pellets av rötrest från svinggödsel och slaktavfall, b, d, och f är från stora försöket.

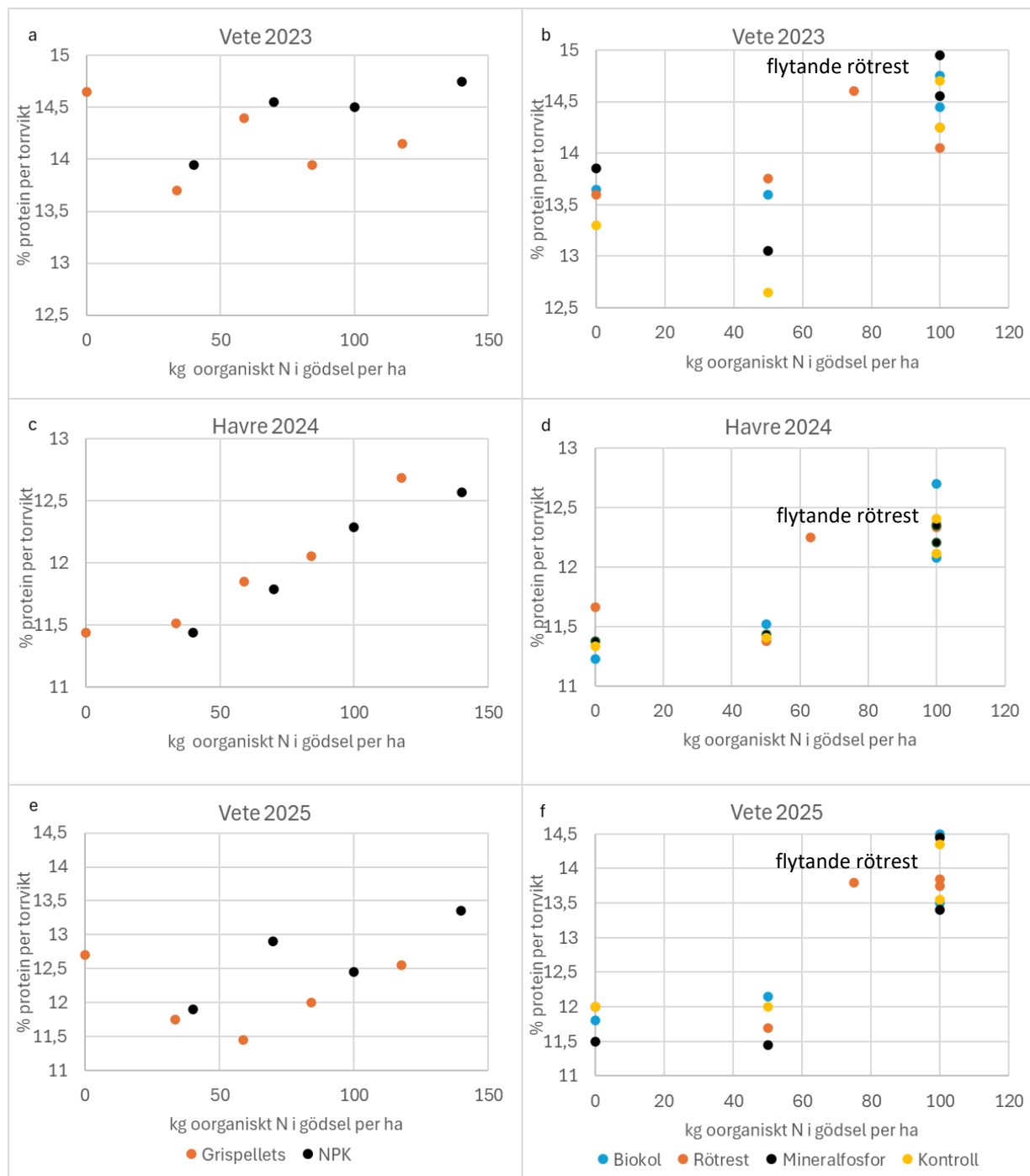
3.2 Kvalitetsegenskaper

Råproteinhalterna var högre 2023 än de senare åren i båda försöken. Skillnaderna i proteinhalt inom försöken var helt och hållet kopplat till mängden kvävegödsling (figur 7). Det fanns inga signifikanta skillnader mellan olika kvävegödselmedel. I försöket med rötrestpellets var det höga proteinhalter i vete 2023 i alla gödselbehandlingar, även för ogödslat och inga signifikanta skillnader (figur 7a). För havre 2024 ökade proteinhalterna med ökande kvävegödsling i båda försöken men bara för mer än 60 kg oorganiskt N/ha (figur 7c och 7d). För vete 2025 var det inga signifikanta skillnader i proteinanalyserna i pelletsförsöket (figur 7e). I det stora försöket var proteinhalterna vid 50 kg gödsling på samma nivå som utan kvävegödsling, medan gödsling med rötrest eller 100 kg N som ammoniumnitrat eller ammoniumsulfat gav högre proteinhalter (figur 7f).

För vete mättes också stärkelse- och glutenhalt samt ergosterol som är en indikator på att grödan innehåller mögel (Tabell 4). Glutenhalterna följde proteinhalterna mycket väl och stärkelse hade ett mönster som var omvänt mot proteinet, d.v.s. i de prover där proteinhalten var hög var oftast stärkelsehalten lite lägre. Rötrestpellets gav något lägre glutenhalt än NPK år 2023 då halterna generellt var högre. Ergosterolhalten var högre för vete som inte kvävegödslets båda åren. Halten var alltid under den tillåtna gränsen (20 mg/kg TS), men 2025 var den nära gränsen för vete som inte fått någon kvävegödsel.

Ett viktigt mått för bakegenskaperna är stärkelsens klistrighet. Denna mäts med måttet falltal som ska vara så högt som möjligt. Denna dyra analys gjordes bara på ett fåtal veteprover. År 2023 var falltalen över gränsen för höstvet (190 S) men för de gödslade behandlingarna inte över gränsen för vårvete (250 S) (Tabell 4). De ogödslade proverna hade dock falltal över gränsen för vårvete 2023. År 2025 var alla gödslade prover under gränsen för höstvet och skulle alltså nedgraderas till foderspannmål, medan den ogödslade kontrollen i det stora försöket låg precis över gränsen för höstvet.

Tusenkorvikt (TKV) är ett mått på storleken på kärnorna. En högre TKV innebär högre kvalitet. För vete 2023 gav rötrestpellets något högre TKV än NPK, men år 2025 var förhållandet det omvända (Tabell 4). För havre 2024 minskade TKV med ökande kvävegödsling men i pelletsförsöket var det bara signifikant för NPK. Litervikt är också ett mått som man vill ska vara högt. För vete var det högre 2023 med NPK-gödsel än med rötrestpellets medan 2025 var det inga signifikanta skillnader. Litervikt mättes inte i havren 2024.



Figur 7: Koncentrationer av råprotein i spannmål. a, c, och e är från försöket med pellets av rötrest från svinggödsel och slaktavfall, b, d, och f är från stora försöket.

Tabell 4. Kvalitetsmått analyserade på Agrilab (NIT teknologi) eller med Grainsense (NIR teknologi). Falltal analyserades bara på ett fåtal prover och rutorna med flytande rötrest var inte slumpmässigt fördelade. Dessa värden är därför inte statistiskt signifikanta men är med som en relevant jämförelse.

Analys och metod	Sädesslag och försök	År	Värde vid 100 kg mineralkväve+ mineralfosfor	Gödsling med signifikant skillnad
Gluten Agrilab % av TS	Vete Pelletsförsöket	2023	31,0	Rötrestpellets 29,1
		2025	24,3	Ej signifikant
	Vete Stora försöket	2023	30,7	0N 28,0 Fl. rötrest 31,5
		2025	28,7	0N 21,5 50N 22,0 Fl. rötrest 27,7
Stärkelse Agrilab % av TS	Vete Pelletsförsöket	2023	61,5	Ej signifikant
		2025	65,3	Ej signifikant
	Vete Stora försöket	2023	62,2	0N 62,8 50N 63,9 Fl. rötrest 62,2
		2025	64,4	0N 66,1 50N 66,1 Fl. rötrest 64,6
Falltal Agrilab S	Vete Pelletsförsöket	2023	236	Rötrestpellets 210
		2025	100	0N 155
	Vete Stora försöket	2023	243	0N 281 Fl. rötrest 196
		2025	101	0N 217 Fl. rötrest 99
Kolhydrat Grainsense % av TS	Havre Pelletsförsöket	2024	84,6	0N 85,6 40 N 85,5 70 N 85,1
	Havre Stora försöket	2024	84,4	0N 85,6 50 N 85,4 Fl. rötrest 84,4
Fetthalt Grainsense % av TS	Havre Pelletsförsöket	2024	3,2	0 N 2,9 40 N 3,1
	Havre Stora försöket	2024	3,2	0N 3,0 50 N 3,1 Fl. rötrest 3,3

Tabell 4. Fortsättning

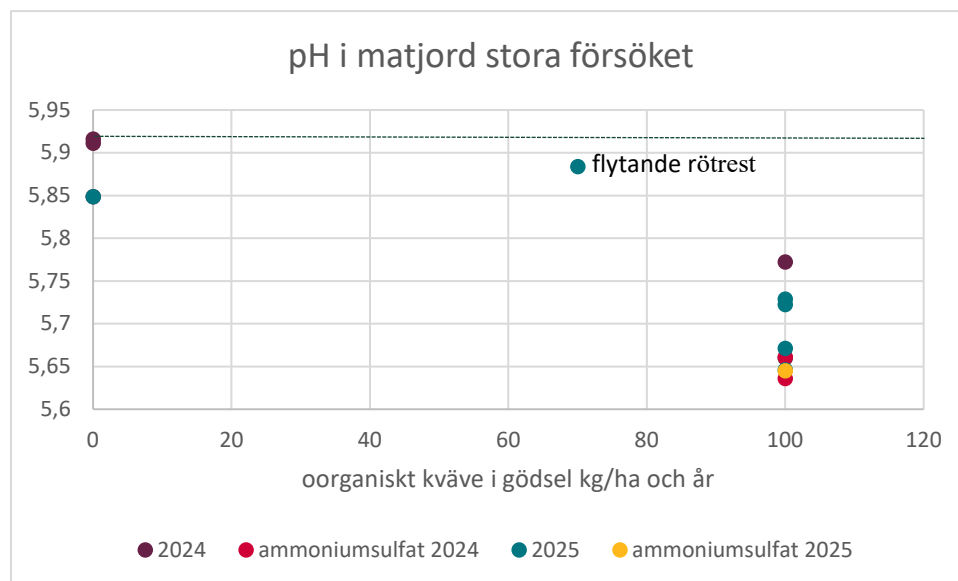
Analys och metod	Sädesslag och försök	År	Värde vid 100 kg mineralkväve+ mineralfosfor	Gödsling med signifikant skillnad
Ergosterol Agrilab mg/kg TS	Vete Pelletsförsöket	2023	11,3	Ej signifikant
		2025	17,5	Ej signifikant
	Vete Stora försöket	2023	11,9	0 N 14,3 Fl. rötrest 11,6
		2025	18,3	0 N 19,4 Fl. rötrest 18,0
				Rötrestpellets 778
				Ej signifikant
Litervikt Agrilab g/l	Vete Pelletsförsöket	2023	780	Biokol 774 Fl. rötrest 790
		2025	746	0 N 767 Fl. rötrest 761
	Vete Stora försöket	2023	789	0 N 33,0 140 N 29,8 Rötrestpellets 32,8
		2025	760	Ogödslad 35,0 50 N 34,8 Biokol 31,8 Fast rötrest 31,4
				Rötrestpellets 34,9
				0 N 34,8 Rötrestpellets 37,2
Tusenkornvikt g	Havre Pelletsförsöket	2024	31,9	0 N 30,7 Fast rötrest 0 N 34,3 Fl. rötrest 36,8
				0 N 31,8 50 N 37,4 Fl. rötrest 40,8
	Havre Stora försöket	2024	33,7	
	Vete Pelletsförsöket	2023	32,8	
		2025	39,1	
	Vete Stora försöket	2023	35,7	
		2025	39,7	

Den flytande rötresten hade generellt kvalitetsegenskaper som var väldigt lika den mineralgödslade kontrollen, 100 N. Dock var falltalet tyvärr lägre 2023.

För havre är fetthalten också viktig eftersom havre har en bra fettsyrasammansättning. Fetthalten ökade med ökande kvävegödsling på samma sätt som proteinhalten (Tabell 4).

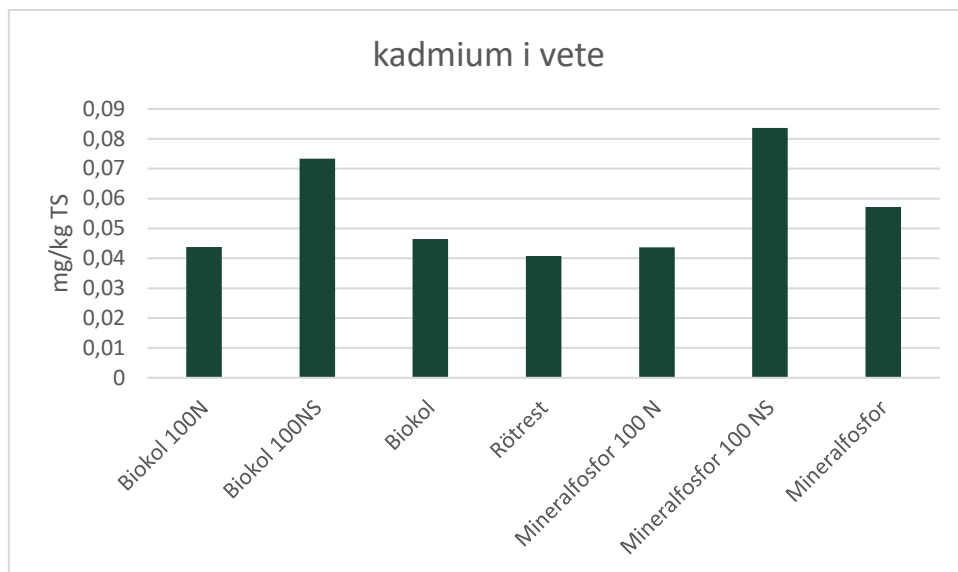
3.3 Jordens pH och tungmetaller i spannmål

Matjordens pH påverkades av gödslingen i det stora försöket men det var inga signifikanta skillnader mellan gödslingsbehandlingarna i pelletsförsöket. Både ammoniumnitrat och ammoniumsulfat hade en försurande effekt i stora försöket (figur 8). Det var något lägre pH efter gödsling med ammoniumsulfat men inte signifikant skilt från ammoniumnitrat. Den flytande rötresten hade inte en försurande effekt utan pH var ungefär som i de icke kvävegödslade behandlingarna där pH bara hade minskat obetydligt sedan försöksstarten. De olika fosforbehandlingarna hade ingen signifikant effekt på pH.



Figur 8. Medelvärden per gödslingsbehandling för pH i matjord provtaget och mätt på hösten. Den streckade linjen är medelvärdet av pH mätt våren 2023 före försöksstart.

Tungmetallhalten i vete och havre analyserades i prover från 2023 och 2024. Alla prover hade blyhalter under detektionsgränsen. För zink och koppar fanns det inga signifikanta skillnader. För vete 2023 fanns det signifikanta skillnader i kadmiumhalt mellan vete gödlat med ammoniumsulfat och vete utan kvävegödsling (figur 9). Vete gödlat med ammoniumnitrat hade värden mitt emellan som inte var signifikant skilda från vare sig ammoniumsulfat eller utan kvävegödsling. För havreproverna analyserades bara ett prov per behandling, så där kan vi inte göra någon statistisk analys med även där var kadmiumhalten högre efter gödsling med ammoniumsulfat.



Figur 9. Kadmiumhalt i vetekärnor. Medelvärden per gödslingsbehandling från stora försöket 2023.

4. Diskussion

En av huvudfrågeställningarna var om det går att odla spannmål för human konsumtion i Umeå. Det borde vara lätt att svara ja på detta, eftersom korn för human konsumtion har odlats i hundratals år. Vi äter dock inte så mycket korntunnbröd och korngröt numera, och industriell brödproduktion har höga krav på bakningsegenskaper hos mjölet. Om produktionen ska vara konkurrenskraftig måste den ge både tillräckligt hög avkastning och tillräckligt bra kvalitet.

Vårvete, som odlades två av åren, har oftast bättre bakegenskaper än höstvete. Det är framför allt högre proteinhalt och falltal som är viktiga parametrar. Priserna för vårvete är högre än för höstvete så det är viktigt för lantbrukaren att vårvetets högre kvalitet behålls, vilket inte alltid var fallet. Råproteinhalten var fullt tillräcklig i de flesta proverna 2023 och för de fullt kvävegödslade proverna 2025. De höga proteinhalterna 2023 kan både bero på torkan på försommaren som begränsade tillväxten generellt i början och att det året innan var vall på fältet som lämnar en stor rotbiomassa som kan frigöra kväve när den bryts ned. Falltalet var något lågt 2023 och mycket för lågt 2025 i alla gödslade prover, vilket troligen berodde på regnperioder båda åren. Falltalet var dock högre i prover som inte fått kvävegödsel båda åren. Ett lågt falltal indikerar att halten av stärkelsenedbrytande enzym är hög och att sädeskärnan kan ha börjat gro vilket sågs i något fall 2025. Groning stimuleras av långa nederbördsperioder med fluktuerande temperaturer. Särskilt kyla kan bryta frövilan och stimulera groning (Steber 2016). Gradering av mognaden 2025 visade att de rutor som inte fått kvävegödsel mognade tidigare än de som kvävegödslats. För att kunna skörda alla rutor samtidigt blev skörden därför försenad så att vi kom in i en regnperiod. Det är därför möjligt att det ogödslade vetet redan passerat det känsligaste stadiet av mognadsprocessen när den regniga kalla perioden började i augusti. Hur vanligt är det då med långa nederbördsperioder som kan orsaka lågt falltal? Mediannederbörden 1999-2025 i början på september var lägre än i augusti (figur 4), men nederbörden i början av september var alla tre av projektets försöksår högre än medianen. Vi skulle därför kunna hävda att vi haft otur med skördevädret. Dock var temperaturen juni-augusti alla tre åren också högre än normaltemperaturen 1991-2020 för alla tre försöksåren. Detta bör ha gynnat mognadsförloppet och där hade vi således tur med vädret. Klimatmodellerna förutspår både varmare temperaturer och ökad nederbörd i framtiden så det är svårt att sia om säkerheten i vårveteodling i Västerbottens kustland. Vi kan nog därför dra slutsatsen att lantbrukare i Västerbotten bör välja en sort som mognar något tidigare än Quarna, som vi använde, för att säkra kvaliteten genom att kunna skörda senast i början av september då det ofta är mindre nederbördsmängder.

Havreskörden var i samma storleksordning som i försök i Halland och Västergötland (Delin *et al.* 2012). Normskörden för havre i Västerbotten var dock betydligt lägre, 3099 kg/ha, än medelvärdet för riket, 4525 kg/ha. Den registrerade havreskörden 2024 för Västerbotten var 3220 kg/ha, vilket också var betydligt lägre än i vårt försök. Havresorten Cilla gav också hög avkastning i de officiella sortförsöken i Norrland: Medelvärdet var 5200 kg/ha för Lännäs, Röbäcksdalen och Öjebyn, vilket var nästan lika god avkastning som i denna studie. Detta visar att våra resultat är relevanta för ett större område längs Norrlandskusten. För vårvete fanns ingen normskörd beräknad för något av de fyra nordligaste länen. Medelvärdet för normskörd av vårvete i hela riket var 4291 kg/ha, alltså något lägre än för havre (Jordbruksverket

normskörd 2025). Vårveteskoriden i Gävleborgs län var mycket låg 2023, 1670 kg/ha, troligen på grund av torkan. I hela riket var vårveteskoriden 2710 kg/ha 2023, d.v.s. något lägre än skörden i vårt försök. Detta visar att varmt och torrt sommarväder är gynnsamt för spannmålsodling i Västerbotten även de år då det blir för torrt söderut. Ökad spannmålsodling i norra Sveriges kustland bör därför ge ökad livsmedelssäkerhet i kristider.

4.1 Gödslings effekter på avkastning och kvalitet

De organiska gödselmedel som innehöll tillräckligt med ammoniumkväve, flytande rötrest och rötrestpellets, hade minst lika bra gödselverkan som ammoniumnitrat vid likartad mängd tillfört ammonium. Detta gällde även ammoniumsulfat som tekniskt sett är ett mineralgödsel även om det är återvunnet. Avvattnad rötrest hade också en gödseffekt motsvarande innehållet av ammonium första året, men ammoniumhalten var för låg, så för att nå samma avkastning som 100N krävdes kompletterande mineralkväve. En studie där kompost, flytande rötrest och avvattnat avloppsslam spreds åtta år i rad bekräftar att ersättning av hälften av mineralkvävet med kväve från organiska gödselmedel kan ge lika hög skörd som full mineralkvävegödsling (Odlare *et al.* 2014). Den låga gödselverkan hos avvattnad rötrest har också visats i långliggande försök med avloppsslam i Skåne där kväveeffektiviteten hos rötresten var 3-19% (Börjesson & Kätterer 2018).

Kvalitetsmässigt var också vete och havre som gödslats med organiska gödselmedel och ammoniumsulfat mycket lika de som gödslats med ammoniumnitrat. Ett undantag var falltalet för vete som 2023 var lägre efter gödsling med flytande rötrest än med ammoniumnitrat. Eftersom vi inte graderade mognaden 2023 är detta svårt att förklara, men eventuellt kan vetet ha mognat senare och därmed varit i ett känsligare stadium under regnperioden. Den höga gödselverkan av kvävet i den flytande rötresten kan förklaras av att rötresten myllades ned före sådd och därmed förhindrades avdunstning av ammonium. I en dansk studie gav rötrest som myllades ned till korn högre kväveverkan än motsvarande rötrest som spreds på ytan till höstvet (De Notaris *et al.* 2018). Det enda fosforgödselmedlet som gav någon signifikant kvalitetsskillnad var biokol som gav något lägre litervikt i vete 2023 och tusenkornvikt i havre 2024. Detta innebär en liten kvalitetsförsämring. En positiv effekt av slambiolan var något bättre stråstyrka i vete 2025, men på det stora hela var effekterna av slambiolan mycket små. Detta överensstämmer med flertalet studier utanför tropikerna eftersom positiva effekter av biokol på grödor har observerats främst på näringsfattiga tropiska jordar (Jeffery *et al.* 2017).

4.2 Gödslings effekter på pH i mark och tungmetaller i spannmål

Ammoniumsulfat och ammoniumnitrat gav lägre pH i mark än ogödslat och gödsling med flytande rötrest eller biokol. Att gödsling med ammonium är försurande är ett välkänt faktum som t.ex. lett till pH så lågt som 4,2 i ett långliggande försök i Uppsala vid gödsling med ammoniumsulfat (Börjesson *et al.* 2012). Kadmium är den tungmetall i spannmål som har mest negativ hälsopåverkan. Uptaget av kadmium i spannmål påverkas av många faktorer, och en som ofta nämns är jordens pH, eftersom ett lågt pH ökar lösligheten hos kadmium (Dahlin *et*

al. 2016). Det var således väntat att kadmiumhalterna i vetet 2023 var högre där markens pH var lägst, d.v.s. efter gödsling med ammoniumsulfat.

Referenser

- Brod, E., Toven, K., Haraldsen, T. K. and Krogstad, T. (2018) Unbalanced nutrient ratios in pelleted compound recycling fertilizers. *Soil Use and Management* 34, 18-27.
- Börjesson, G. and Kätterer, T. (2018) Soil fertility effects of repeated application of sewage sludge in two 30-year-old field experiments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 112, 369-385.
- Börjesson, G., Menichetti, L., Kirchmann, H. and Kätterer, T. (2012) Soil microbial community structure affected by 53 years of nitrogen fertilisation and different organic amendments. *Biology and Fertility of Soils* 48, 245-257.
- Chiyoka, W. L., Zvomuya, F. and Hao, X. Y. (2014) A Bioassay of Nitrogen Availability in Soils Amended with Solid Digestate from Anaerobically Digested Beef Cattle Feedlot Manure. *Soil Science Society of America Journal* 78, 1291-1300.
- Dahlin, A. S., Eriksson, J., Campbell, C. D. and Oborn, I. (2016) Soil amendment affects Cd uptake by wheat - are we underestimating the risks from chloride inputs? *Science of the Total Environment* 554, 349-357.
- De Notaris, C., Sørensen, P., Møller, H. B., Wahid, R. and Eriksen, J. (2018) Nitrogen fertilizer replacement value of digestates from three green manures. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 112, 355-368.
- Delin, S., Stenberg, B., Nyberg, A. and Brohede, L. (2012) Potential methods for estimating nitrogen fertilizer value of organic residues. *Soil Use and Management* 28, 283-291.
- Goldan, E., Nedef, V., Barsan, N., Culea, M., Tomozei, C., Panainte-Lehadus, M. and Mosnegutu, E. (2022) Evaluation of the Use of Sewage Sludge Biochar as a Soil Amendment- A Review. *Sustainability* 14.
- Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A. C., van Groenigen, J. W., Hungate, B. A. and Verheijen, F. (2017) Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters* 12.
- Jensen, L. S. (2013) Animal Manure Residue Upgrading and Nutrient Recovery in Biofertilizers. *John Wiley & Sons, Incorporated*, 271-294.
- Klackenberg, L. (2025). Produktion av biogas och rötresten och dess användning år 2024. Energigas Sverige. Stockholm, Energigas Sverige: 35.
- Kooij, J., Stutter, M. and Müller-Stöver, D. (2025) Phosphorus Plant Availability of Biochars Derived From Contrasting Sewage Sludges to Ryegrass. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 188, 1027-1035.
- Lima, P. D., Aronsson, H., Strand, L., Bjoers, M. and Pantelopoulos, A. (2024) Farmers' perceptions on organic fertilisers towards circularity - a case study in Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 74.
- Lima, P. D. M., Edström, M., Aronsson, H., Nordberg, A. and Sindhoj, E. (2025) Comparative analysis of manure treatment scenarios on climate change and eutrophication in the Baltic Sea. *Resources Conservation and Recycling* 212.
- O'Connor, J., Mickan, B. S., Yusiharni, E., Singh, G., Gurung, S. K., Siddique, K. H. M., Leopold, M. and Bolan, N. S. (2024) Characterisation and agronomic evaluation of acidified food waste anaerobic digestate products. *Journal of Environmental Management* 355.
- Odlare, M., Pell, M., Arthurson, J. V., Abubaker, J. and Nehrenheim, E. (2014) Combined mineral N and organic waste fertilization - effects on crop growth and soil properties. *Journal of Agricultural Science* 152, 134-145.
- Pesonen, L. (2018). White paper GrainSense device Accuracy, LUKE, Finland.
- Praspaliauskas, M., Zaltauskaite, J., Pedisius, N. and Striugas, N. (2020) Comprehensive evaluation of sewage sludge and sewage sludge char soil amendment impact on the industrial

hemp growth performance and heavy metal accumulation. *Industrial Crops and Products* 150.

Steber, C. M. (2016). MANAGING THE RISK OF LOW FALLING NUMBERS IN WHEAT. Washington State University Extension. Pullman, USA, Dept. of Crop and Soil Science, Washington State University: 6.

Szymanska, M., Szara, E., Sosulski, T., Was, A., van Pruissen, G. W. P., Cornelissen, R. L., Borowik, M. and Konkol, M. (2019) A Bio-Refinery Concept for N and P Recovery A Chance for Biogas Plant Development. *Energies* 12.

Vos, J. and van der Putten, P. E. L. (2000) Nutrient cycling in a cropping system with potato, spring wheat, sugar beet, oats and nitrogen catch crops. I. Input and offtake of nitrogen, phosphorus and potassium. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56, 87-97.

Yue, Y., Cui, L., Lin, Q. M., Li, G. T. and Zhao, X. R. (2017) Efficiency of sewage sludge biochar in improving urban soil properties and promoting grass growth. *Chemosphere* 173, 551-556.

- Nr 1. Pettersson C.G. (2006) Variations of yield and protein content of malting barley. Methods to monitor and ways to control. Licentiate thesis, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences.
- Nr 2. Eckersten H., Noronha-Sannervik A., Torssell B. & Nyman P. (2006) Modelling radiation use, water and nitrogen in willow forest.
- Nr 3. Christersson L. & Verwijst T. (2006) Poppel – Sammanfattning från ett seminarium vid Institutionen för Lövträdsodling, SLU, Uppsala, 15 mars 2005. Proceedings from a Poplar seminar at the Department of Short Rotation Forestry, SLU, March 15 2005, Uppsala, Sweden.
- Nr 4. Christersson L., Verwijst T. & Man Amatya S. (2006) Wood production in agroforestry and in short-rotation forestry systems – synergies for rural development. Proceedings of the IUFRO:s conference (session 12, 128) held in Brisbane, August 8–13, 2005.
- Nr 5. Hoogesteger J. (2006) Tree ring dynamics in mountain birch. Licentiate thesis. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences.
- Nr 6. Eckersten H., Andersson L., Holstein F., Mannerstedt Fogelfors B., Lewan E., Sigvald R., Torssell B. & Karlsson S. (2008) Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige.
- Nr 7. Eckersten H., Karlsson S. & Torssell B. (2008) Climate change and agricultural land use in Sweden: A literature review.
- Nr 8. Amiri A., Forkman J. & von Rosen D. (2009) A statistical study of similarities and dissimilarities in results between districts used in Swedish crop variety trials.
- Nr 9. Forkman J., Amiri S. & von Rosen D. (2009) Konsekvenser av indelningar i områden för redovisning av försök i svensk sortprovning.
- Nr 10. Fogelfors H. *et al.* (2009). Strategic analysis of Swedish agriculture. Production systems and agricultural landscapes in a time of change.
- Nr 11. Halling M.A. (2010) Sortval i ekologisk vallodling 2004–2009. Sortförsök i timotej, ängssvingel, rörsvingel, rörsvingelhybrid, engelskt rajgräs och rajsvingel.
- Nr 12. Larsson S. & Hagman J. (2010) Sortval i ekologisk odling 2010. Sortförsök 2000–2009.
- Nr 13. Larsson S. & Hagman J. (2011) Sortval i ekologisk odling, sortförsök 2004–2010. Sortförsök i höstvet, höstråg, rågvete, vårvete, vårkorn, havre, åkerböna, lupin, ärter och potatis.
- Nr 14. Eckersten H. & Kornher A. (2012) Klimatförändringars effekter på jordbrukets växtproduktion i Sverige – scenarier och beräkningssystem. (Climate change impacts on crop production in Sweden – scenarios and computational framework)
- Nr 15. Larsson S. & Hagman J. (2012) Sortval i ekologisk odling, sortförsök 2007–2011. Sortförsök i höstvet, höstråg, rågvete, vårvete, vårkorn, havre, åkerböna, lupin, ärter och potatis.
- Nr 16. Larsson S. & Hagman J. (2013) Sortval i ekologisk odling 2013: sortförsök 2008–2012.
- Nr 17. Collentine D. *et al.* (2013) Consequences of future nutrient load scenarios on multiple benefits of agricultural production.
- Nr 18. Nilsson-Linde N. *et al.* (2014) Vallkonferens 2014. Konferensrapport 5–6 februari 2014. Uppsala, Sverige.
- Nr 19. Hagman J. *et al.* (2014) Sortval i ekologisk odling 2014. Sortförsök 2009–2013.
- Nr 20. Hagman J. *et al.* (2015) Sortval i ekologisk odling 2015. Sortförsök 2010–2014.
- Nr 21. Hagman J. *et al.* (2016) Sortval i ekologisk odling 2016. Sortförsök 2011–2015.
- Nr 22. Nilsson-Linde N. & Bernes G. (2017) Vallkonferens 2017. Konferensrapport 7–8 februari 2017. Uppsala, Sverige.
- Nr 23. Hagman J. & Halling M. (2017) Sortval i ekologisk odling 2017. Sortförsök 2012–2016.
- Nr 24. Frankow-Lindberg B.E. (2017) Uppdatering av kvävegödslingsrekommendationer för vall.
- Nr 25. Eckersten H. (2017) Cropping system research – a framework based on a literature study.
- Nr 26. Hagman J. & Halling M. (2018) Sortval i ekologisk odling 2018. Sortförsök 2013–2017.
- Nr 27. Christersson L., Karacic A., Adler A., Månsson J & Johansson U. (2018) Vombsjösänkans pil- och poppelpark.
- Nr 28. Hagman J. & Halling M. (2019) Sortval i ekologisk odling 2019. Sortförsök 2014–2018.
- Nr 29. Hagman J. & Halling M. (2020) Sortval i ekologisk odling 2020. Sortförsök 2015–2019.
- Nr 30. Nilsson-Linde N. & Bernes G. (2020) Vallkonferens 2020. Konferensrapport 4–5 februari 2020. Uppsala, Sverige.

- Nr 31. Eckersten H. (2020) What did climate change-based scenarios of Swedish agricultural crop production predict for 2000 onwards; and how has it become?
- Nr 32. Jäck O. & Halling M. (2021) Sortval i ekologisk odling 2021. Sortförsök 2016–2020.
- Nr 33. Karlsson I., Halling M. & Jäck O. (2021) Sortval i ekologisk odling 2022. Sortförsök 2017–2021.
- Nr 34. Nilsson-Linde N. & Bernes G. (2023) Vallkonferens 2023. Konferensrapport 7–8 februari 2023. Uppsala, Sverige.
- Nr 35. Karacic A. & Adler A. (2023) Fertilization of poplar plantations with dried sludge: a demonstration trial in Hillebola – central Sweden.
- Nr 36. Zeiner N., Nazari F., Sandström B. & Jäck O. (2024) Sortval i ekologisk odling 2024. Sortförsök 2019–2023.
- Nr 37. Zeiner N., Nazari F., Sandström B. & Jäck O. (2025) Sortval i ekologisk odling 2025. Sortförsök 2020–2024.
- Nr 38. Reumaux R., Nazari F., Sandström B., Zeiner N. & Jäck O. (2025) Sortval i ekologisk odling 2026. Sortförsök 2021–2025.
- Nr 39. Nilsson-Linde, N. & Bernes, G. (2026) Vallkonferens 2026. Konferensrapport 3–4 februari 2026. Uppsala, Sverige.
- Nr 40. Palmberg, C. & Sandström, B. (2026) Rötrest och rötrestprodukter som gödselmedel till vete och havre. Fältförsök i Umeå inom projekt Boost Nordic Biogas

I denna serie publiceras forskningsresultat vid Institutionen för växtproduktionsekologi, Sveriges lantbruksuniversitet. Förteckning över tidigare utgivna rapporter i denna serie återfinns sist i rapporten och kan hämtas som pdf från

<http://pub.epsilon.slu.se>

In this series research results from the Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. Earlier numbers are listed in the end of the report, and is available at

<http://pub.epsilon.slu.se>

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för växtproduktionsekologi
Box 7043
750 07 UPPSALA
Tel. 018/67 10 00 (växel)
<http://www.slu.se/vpe>