

Mineralgödsel till vårsäd - NPK vs. urea

Mathias Norrvik

Examensarbete för Agrolog (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för Lantbruksnäringarna
Raseborg 2013



EXAMENSARBETE

Författare: Mathias Norrvik
Utbildningsprogram och ort: Lantbruksnärningarna Raseborg
Inriktningsalternativ/Fördjupning: Agrolog YH
Handledare: Paul Riesinger
Titel: Mineralgödsel till vårsäd – NPK vs. urea

Datum 5.4.2013 Sidantal 27 Bilagor 6

Sammanfattning

Vid traditionell odling på åker tillförs kväve, fosfor, kalium och andra näringsämnen årligen med mineralgödsel. Ändå tillgodoses grödornas behov av fosfor och kalium på många jordar i betydande utsträckning genom mobilisering från markförråden. Frågan är då om fosfor och kalium behöver tillföras årligen eller om leveranserna från markförråden vissa enstaka år kan vara tillräckliga. Detta under den förutsättning att man genom regelbunden förrådsgödsling ser till att markförråden hålls på en tillräckligt hög nivå. Fosfor och kalium kunde således införskaffas under sådana tider när priserna är låga. Under tider då gödselpriserna är höga skulle man enbart gödsla med kväve.

I ett gårdsförsök undersöktes skillnaderna i biomassatillväxt mellan havre som gödslats med ett sammansatt gödselmedel respektive enbart med kväve. Gödselmedlen som användes i detta försök var Yara Mila Y3 och urea. Försöket utfördes på ett fält i Korsbäck, Kristinestad under odlingssäsongen 2012.

Biomassatillväxten var 16 % högre då grödan gödslats med ett sammansatt gödselmedel än då enbart kväve i form av urea tillfördes. Med rådande prisförhållanden var produktionsnettot per hektar nästan detsamma för de båda gödselmedlen. Gödsling med enbart kväve är således ett alternativ så länge kvoten mellan gödselpriserna och spannmålspriset inte blir lägre än vad det var då försöket utfördes.

Språk: Svenska Nyckelord: mineralgödsel, urea, biomassaskörd

BACHELOR'S THESIS

Author: Mathias Norrvik

Degree Programme: Agriculture

Supervisors: Paul Riesinger

Title: Mineral Fertilizer for Spring Cereal - NPK vs. Urea/Mineralgödsel till vårsäd

– NPK vs. urea

Date 5 April 2013

Number of pages 27

Appendices 6

Summary

In traditional arable farming nitrogen, phosphorus, potassium (NPK) and other nutrients are annually supplied with mineral compound fertilizers. Yet, in many fields, the crops' need for phosphorus and potassium is satisfied to a large extent through mobilization from the soil stock. The question is whether phosphorus and potassium need to be supplied annually or if occasional supplies may be sufficient. This presupposes that the soil fertility is kept at a sufficiently high level. In that case, phosphorus and potassium could be added during times when prices are low. During times when fertilizer prices are high the farmer would only fertilize with nitrogen.

In a farm trial the differences in biomass-growth were examined in oats fertilized with a compound fertilizer and oats fertilized only with nitrogen. The fertilizers used in this experiment were YaraMilaY3 and urea. The experiment was performed on a field in Korsbäck, Kristinestad, during the season 2012.

The biomass-growth was 16% higher when the crop was fertilized with a compound fertilizer than when nitrogen in the form of urea was applied. With the current priceconditions the netproduction per hectare was almost the same for the two fertilizers. Fertilizing with nitrogen is an option as long as the ratio of fertilizer prices and grain prices is not lower than what it was when the experiment was performed.

Language: Swedish

Keywords: mineral fertilizer, urea, biomass yield

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Växtnäringstillförselns betydelse för växtodlingens produktivitet.....	1
1.2 Arbetets syfte.....	3
2 Markens växtnäringsförråd.....	4
2.1 Växtnäringsämnen och deras upptagning.....	4
2.2 Markens kväveförråd.....	5
2.3 Markens fosforförråd.....	6
2.4 Markens kaliumförråd.....	7
3 Urea som ett alternativ till sammansatta NPK-gödselmedel.....	9
3.1 Enkla och sammansatta gödselmedel.....	9
3.2 Ureagödselns egenskaper och användning.....	9
3.3 Effekter vid gödsling med urea.....	11
4 Material och metoder.....	13
4.1 Försöksfältet.....	13
4.2 Genomförande av försöket.....	14
4.3 Provtagning och utvärdering.....	17
5 Resultat.....	19
6 Diskussion.....	22
7 Sammanfattning.....	25
Källförteckning.....	26

Bilagor

1 Inledning

1.1 Växtnäringstillförselns betydelse för växtodlingens produktivitet

Det industriella jordbruket kom till under 1900-talet när många insatsmedel började tillverkas i industriell skala. Sådana industriellt tillverkade insatsmedel omfattade redskap, gödselmedel och växtskyddsmedel. Dessa insatsmedel rationaliserar och förenklar växtproduktionen, samtidigt som de innebär betydande kostnader. För att de skall betala sig kräver en ökad användning av insatsmedel en högre produktivitet.

Under 1950- och 1960- talet inträffade det som brukar kallas "den gröna revolutionen". Sedan dess har spannmålsavkastningen ökat med 2-3 gånger. Förutsättningen för denna skördeökning är främst framsteg på växtförädlingsområdet där forskarna lyckades framavla nya sädeslag som kunde producera mer än tidigare. Man fick fram sorter som hade bättre vinterhärdighet, bättre motståndskraft mot sjukdomar och mindre benägenhet att bilda liggsäd. Inom de andra jordbruksvetenskaperna ökade kunskapen bland annat inom områden som markvård, jordbearbetning, växtnäringsförsörjning och växtskydd.

Den tekniska utvecklingen har även varit omfattande. Maskiner och redskap togs fram för att underlätta det praktiska arbetet vid odling. Hela odlingskedjan från jordbearbetning och sådd via olika skötselåtgärder till att ta hand om de skördade produkterna blev effektivare (Weidow 1998, s. 16-17).

Att vidhålla ett tillräckligt högt växtnäringstillstånd är av central betydelse för produktionen av grödor. I vårt humida klimat är detta en särskild utmaning eftersom utlakningen leder till en utarmning av marken med avseende på växtnäringsämnen. I gamla tider var stallgödsel en central byggsten för åkermarkens försörjning med växtnäring. Den växtnäring som avlägsnades från åkern i form av foder återfördes i betydande utsträckning till marken. På grund av bortförselelsen av växtnäring i form av saluprodukter och som följd av förluster inom produktionssystemet, bl.a. genom utlakning, var det ändå omöjligt att upprätthålla det ursprungliga växtnäringstillståndet, för att inte tala om den förbättring av bördigheten som skulle ha behövts på alla de jordar där skördarna begränsades av en primär brist på ett eller flera växtnäringsämnen (Jönsson-Rösiö 1907, s. 84).

Liebig kom på 1840-talet med sin mineralämnesteori fram till att grödans tillväxt i stor utsträckning styrs av dess tillgång till mineralämnena, som kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). I England användes redan i slutet av 1700-talet det kväve- och fosforhaltiga benmjölet som ett slags handelsgödsel. Under 1830-talet började man även använda den kvävehaltiga Chilesalpeteren och importen av kväve- och fosforrik guano från Peru till Europa kom igång på 1840-talet (Juhlin-Dannfelt 1925, s. 84).

Sedan 1880-talet började man i Tyskland bryta kaliumsalter från gruvor och i början av 1900-talet kom man underfund med industriella metoder som gjorde det möjligt att binda luftkväve för tillverkning av kvävehaltig mineralgödsel. Den första industriellt framställda fosfor var superfosfat varvid den första fabriken byggdes i England i slutet av 1800-talet. I Finland upptäckte man av en slump under 1950-talet en fosforfyndighet som ligger i Siilinjärvi i mellersta Finland. Av den fosfor som bryts där är det 80 % som går till gödselmedel som används inom jordbruket.

Det tog ändå tid innan användningen av mineralgödselmedel fick någon betydande omfattning. I Finland började man inte använda konstgödsel allmänt förrän i slutet av 1920-talet. Då var det främst chilesalpeter och superfosfat som användes (Bonäs 2004, s. 60).

Efter att användningen av mineralgödseln tog fart har framförallt fosforhalten ökat betydligt i de finländska åkerjordarna. Orsaken till detta är en kontinuerlig tillförsel av mera fosfor än vad som förs bort från åkrarna med skörd. Mellan 1960- och 1980-talet har således ett årligt överskott på 15-25 kg fosfor per hektar tillförts de finska odlingsjordarna. Sedan 1920-talet har mineraljordarnas fosforinnehåll ökat från 1800 till 2800 kg/ha idag (Saarela 2002). Detta fosforförråd är betydande då man jämför mängden växtnäring som finns i markförrådet med den mängd som en viss gröda behöver för att producera en tillfredsställande skörd.

Då fosfor förekommer i tillräckligt hög mängd i marken behöver det inte tillföras genom årlig gödsling. Årlig gödsling ökar däremot i ett sådant fall risken för fastläggning. När man når den punkt då markens bindningskapacitet är mättad leder en fortsatt anrikning med fosfor till förluster i form av utlakning och erosion (Valkama 1998).

1.2 Arbetets syfte

Gödselmedel utgör en betydande kostnad och priserna kan dessutom variera kraftigt från år till år. Det samma gäller spannmålspriserna som uppvisar stora prissvängningar beroende på efterfråga och utbud. Det är varken av ekonomiska eller miljöskäl befogat att köpa in mera näringsämnen än vad som kan omvandlas till skörd. Kan man i vissa fall gödsla med ett billigare gödselmedel något år utan att det har negativ effekt på skörden är det till ekonomisk fördel för jordbrukaren. Inköp av fosfor och kalium kunde då göras under perioder där kostnaden för dessa näringsämnen är låg.

Syftet med detta examensarbete är att genom ett praktiskt odlingsförsök ta reda på skillnaderna i biomassatillväxten på grödan då denna gödslas med ett sammansatt NPK gödselmedel respektive enbart ett enkelt gödselmedel innehållande kväve.

Arbetet utgår från hypotesen att nuvarande förråd på fosfor och kalium är så höga att årlig tillförsel genom gödsling kan utebli åtminstone något år utan negativa konsekvenser för skörden.

2 Markens växtnäringsförråd

2.1 Växtnäringsämnen och deras upptagning

Förutom ljus, koldioxid (CO₂), och vatten behöver växterna ta upp 14 olika näringsämnen från marken. Av dessa är det sex stycken som behövs i större mängd, de s.k. makronäringsämnena kväve, fosfor, kalium, kalcium (Ca), magnesium (Mg) och svavel (S). De resterande är så kallade mikronäringsämnen som behövs i mindre mängd. Näringsämnena tas upp av växten via markvätskan i form av positivt laddade katjoner eller negativt laddade anjoner. För att klara sitt behov av både vatten och näringsämnen måste rötterna nå ut i de fuktiga delarna av jorden. Kraftig transpiration i växten leder till näringstransport från markvätskan till rothåren via massflöde. De upplösta näringsämnena följer med vattnets väg upp i växten. Koncentrationen av växtnäringsämnen är lägst närmast roten och ökar med avståndet. Skillnaderna i koncentrationen leder till att näringsämnen aktivt rör sig mot roten. Växten utnyttjar också växtnäringsförrådet genom rottillväxt där rötterna når nya områden i marken för att i första hand ta upp mera svårörliga näringsämnen (Fogelfors 2001, s. 91-93).

Tabell 1. Funktionen av kväve, fosfor och kalium i växten samt bristsymptom (enligt Fogelfors 2001, s. 95 och Riesinger 2006, s. 13).

Växtnäringsämne	Funktion	Bristssymptom
Kväve (N)	Proteinbildning, nukleinsyror, klorofyll och vissa hormoner.	Förkrympt växtsätt, dålig utveckling (blad, skott, bestockning, kärnmatning) samt gulnande och vissnande äldre blad.
Fosfor (P)	Bildning av kolhydrater och protein samt fröbildning.	Korta plantor, mörkgröna eller rödaktiga blad, långsam utveckling, dålig frukt- och frösättning
Kalium (K)	Bildning av socker och protein. Deltar i ämnestransport. Reglerar avdunstning och fryspunkt.	Äldre blad får ljusa eller bruna fläckar, dör från spetsarna vidare mot bladkanterna. Sämre förmåga att tåla kyla och torka. Stråstyvheten försämras

Enligt Liebig's minimilag kan ett underskott av ett näringsämne ej kompenseras av ett överskott på ett annat ämne. Det växtnäringsämne som ligger längst ifrån tillfredsställande nivå kommer att avgöra grödans slutliga produktionsnivå. Ifall växtnäringsämnena inte finns tillgängliga i tillräcklig mängd begränsas skördepotentialen. Akut brist ger sig till känna i form av bristsymptom på växten.

Betydande mängder av kväve, fosfor, kalium och de andra växtnäringsämnena finns bundna i marken. Storleken av dessa förråd varierar visserligen kraftigt mellan olika jordarter och som följd av lantbrukarnas individuella gödslingsinsatser och åkerns odlingshistoria.

2.2 Markens kväveförråd

Det kväve som tillförs marken genom bakterier eller biologisk kvävefixering är till 95 % bundet till organiskt material. Detta kväveförråd består av levande och döda markmikroorganismer samt av färskt organiskt material såsom skörderester och stallgödsel men framförallt av mull. I mineraljord förekommer mull främst i matjordsskiktet och avtar kraftigt i alven. En del av det kväve som finns inbundet i dessa fraktioner mobiliseras av markens mikroorganismer i en process som benämns mineralisering. Mineralisering innebär en nedbrytning av det organiska materialet varvid kväverika föreningar bryts ner till ammoniak (NH_3) och vidare till ammonium (NH_4^+) och nitrat (NO_3^-) av vilka de två sistnämnda är för växten tillgängliga kväveformer (Riesinger 2006, s. 26-29).

Markens förmåga att leverera kväve till grödan beror i första hand på dess mullhalt och i andra hand på tillförseln av organisk material, såsom stallgödsel och växtbiomassa (skörderester). Kvävets mineralisering bestäms av mikroorganismernas livsmiljö och denna påverkas av mark- och klimatfaktorer såsom pH-värde, syretillgång, fukt, temperatur samt tillgången på energi och näringsämnen (Riesinger 2006, s. 26-29).

På kort sikt påverkas mineraliseringen av kväve således av klimatfaktorer, bearbetningsintensitet och bearbetningstidpunkt. Det är inte enbart mullhalten utan framförallt mullkvaliteten, d.v.s. hur lättmineraliserat kvävet i mullen är, som har betydelse för hur mycket kväve marken frigör. Färskt organiskt material med tillräckligt låg kol-kvävekvot (material som innehåller mycket kväve i förhållande till kol) ger en snabb mineralisering av kvävet.

En del av det frigjorda kvävet kommer inte växterna till godo på grund av utlakning, denitrifikation (omvandling av nitratkväve till kvävgas genom markbakterier) och immobilisering (fastläggning i organiskt material) (Greppa näringen 2010).

Vid beräkningen av kvävetillförseln tas markens mullhalt i beaktande. Den genomsnittliga kvävehalten i mull är 5 %. I regel räcker mineraliseringen av kväve från markförrådet inte till för att tillgodose grödornas kvävebehov. Vid beräkningen av kvävegödslingsnivån tas dock hänsyn till markförrådets mineraliseringskapacitet.

2.3 Markens fosforförråd

Fosfor finns tillgängligt i marken i både det kemiska reaktionssystemet och i det biologiska reaktionssystemet. Den oorganiska fosfor förekommer i det kemiska reaktionssystemet inom vilket vittringen av primär apatit upprätthåller markens långsiktiga fosforleveransförmåga.

Genom vittring frigörs fosfor till marklösningen där den kan tas upp av växter och markorganismer. Alternativt kan denna fosfor fastläggas i form av aluminium-, järn-, mangan-, kalcium- eller magnesiumfosfat, bindas in i mullföreningar eller förloras genom utlakning och yterrosion.

I det biologiska reaktionssystemet överförs fosfor till markens mullhalt via växtrester och döda mikroorganismer. I mullen anrikas fosfor i form av kortvariga, halvstabila och stabila humusföreningar. Den organiskt bundna fosfor ökar i proportion till markens humushalt. Organiskt bunden fosfor är lättare växttillgänglig än den kemiskt bundna fosfor. Av mineraljordens totalfosforhalt ligger omkring en tredjedel, i mulljordar hälften, och i torvmark två tredjedelar i form av organiskt material. Mobiliseringen av fosfor från det organiska materialet är bundet till nedbrytningen av detta och därmed till aktiviteten av mikroorganismerna (Riesinger 2006, s. 33).

Tillförseln av fosfor till åkermarken har i Finland sedan 1960-talet överstigit bortförseln i form av skörd. Saarela (2002) anser att det idag finns omkring 3000 kg fosfor per hektar i matjordslagret av mineraljordar. I organogena jordar har fosformängden ökat till drygt 2000 kg fosfor per hektar som följd av gödsling, men även som följd av bortodling, packning och genom omblandning med underliggande mineraljord. En stor del av markens fosforförråd förekommer dock i sådan form som inte är tillgänglig för grödan. Mängden

fosfor som är bunden men på sikt tillgänglig för grödan har ändå ökat från 100 kg/ha till 1000 kg/ha sedan 1960-talet (Saarela 2002).

Genom att på mineraljordar ha pH-värden som ligger mellan 6-6,5 blir lösligheten av olika fosforföreningar större och växterna kan utnyttja den fosfor som finns bunden i marken bättre. Har man ett pH-tal under 5,5 så ökar lösligheten av aluminium, järn och mangan. Dessa kan sedan tillsammans med fosfater bilda för växten otillgängliga kemiska föreningar. Stiger pH-värdet över 6,5 så ökar istället fastläggningen i form av kalcium- och magnesiumfosfater (Riesinger 2006, s. 33).

På styv och mullfattig lerjord kan man öka fosforleveransförmågan från markförrådet genom kalkning som höjer pH-värdet till omkring 6,5. Kalkning på dessa jordar ger en strukturförbättring vilket gynnar grödans fosforupptagning från både det kemiska- och biologiska reaktionssystemet. På lättare lerjordar, mjälajordar och mojordar bör man däremot eftersträva ett pH-värde på mellan 6 och 6,5. Överskrider man detta leder det till lägre växttillgänglighet av fosfor (Riesinger 2006, s. 38-39).

Man kan räkna med en årlig mobilisering av fosfor från markförråden på mellan 5 och 20 kg/ha, både på mineral- och mulljordar. Hur som helst räknar man med att grödan bara kan tillgodogöra sig 10-15 % av den årliga mineralgödselavkastningen, resten av behovet måste täckas utifrån markförrådet (Riesinger 2013).

2.4 Markens kaliumförråd

Kalium förekommer i primära och sekundära mineraler i marken. Kalium ingår i det kemiska reaktionssystemet och mobiliseras med andra ord genom vittringsprocesser. De finländska mineraljordarna innehåller relativt mycket kalium, i genomsnitt 3 %. Kaliumhalten är i regel högre i lerjordar än i mjäla- och mojordar. Unga finländska finmo-, mjäla- och lerjordar skiljer sig dock mindre från varandra med tanke på kaliuminnehåll, kaliumleverans och kaliumfixering jämfört med äldre och mera vittrande jordar. De unga finmo- och mjälajordarna samt t.o.m. vissa finsandjordar som uppkom genom landhöjningen i anslutning till den senaste istiden kan ha ett nära lika stort kaliumförråd som lerjord. De i södra och västra Finland belägna lerhaltiga mineraljordarna mobiliserar vanligtvis betydligt mera kalium än de i huvudsak i centrala och norra Finland belägna torv-, grovmo och moränjordarna (Riesinger 2006, s. 43-49).

Odlingsmarkens totala kaliumförråd kan ligga på mellan 3000 och 100 000 kg/ha i de översta 20 cm av matjordslagret, beroende på grundmaterial och jordart. Markens potential att frigöra kalium till grödan beror förutom på jordarten också på klimatet. Vittringen av kalium från marken påverkas positivt av jämn vattentillgång och hög temperatur. Det finns fyra former av markkalium, därav primärt mineralbundet kalium, icke-utbytbar kalium som är bundet i sekundära mineraler, utbytbar på de sekundära mineralernas ytor bundet kalium, och kalium i marklösningen (Öborn et al. 2005).

Beroende på jordart varierar den årliga vittringen av kalium och därmed mobiliseringer till för växten växttillgängligt kalium. På mo-, mjäla- och mulljord är leveransen mellan 10 och 25 kg/ha och på lerjord mellan 50 och 80 kg/ha från både matjordslagret och alven (Riesinger 2013).

3 Urea som ett alternativ till sammansatta NPK-gödselmedel

3.1 Enkla och sammansatta gödselmedel

Om det finns gott om både fosfor och kalium i marken räcker det att tillföra enbart kväve. Bland de enkla kvävegödselmedlen dominerar produkter av ammoniumnitrat med tillsats av svavel och kalcium som Finlandssalpeter (FS) 27-4. Utöver gödselmedel som innehåller kväve finns också enkla fosfor- och kaliumgödselmedel samt olika sammansatta gödselmedel med fosfor och kalium (PK). På jordar med höga kaliumkoncentrationer bör ett NP-gödselmedel väljas. Är kvoten mellan kalium och magnesium låg rekommenderas dock kaliumgödsling även om kaliumtillståndet är bra. Sammansatta (NPK-) gödselmedel finns i många olika sammansättningar, så att dessa skall kunna tillgodose växtnäringsbehovet i fält med varierande markkarteringsvärden.

På global basis är urea det mest använda kvävegödselmedlet (Efma u.å.). Urea är en relativt lågförädlad produkt och har följaktligen en lägre prisnivå än ammoniumnitrat- och nitratbaserade gödselmedel. Varken i Finland eller Sverige har urea använts i någon större omfattning som kvävegödselmedel. Under senare tid har dock kvävepriset stigit och prisskillnaden mellan urea och ammoniumnitratbaserade gödselmedel ökat. Som en följd av detta har diskussionen om att använda urea som gödselmedel fått ny fart, i synnerhet i Sverige (Albertsson och Malgeryd 2008).

3.2 Ureagödselns egenskaper och användning

Den kemiska beteckningen för urea är $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Andra benämningar på detta ämne är urinämne eller karbamid. Innan kvävet kan tas upp av växterna måste urean först hydrolyseras med hjälp av vatten till ammoniak (NH_3) och koldioxid (CO_2). Därefter vidtar ytterligare omvandling till ammonium- (NH_4^+) och nitratjoner (NO_3^-) (Bremner 1995). Hydrolysen är en relativt snabb process, men beroende på markfukt och temperatur kan den fortsatta omvandlingen till nitratkväve ta lång tid. Eftersom det inte finns något nitratkväve tillgängligt direkt för grödan, är urea ett mer långsamverkande gödselmedel än andra kväveprodukter (Yara 2013).

De flesta gödselmedel som säljs i Finland idag är granulerade. I en smälta blandas nermalda fasta råvaror. Smältan blandas med returgoods i en granulator eller granuleringstrumma. Detta ger en relativt lång reaktionstid, ca 5 min, vilket gör att den granulerade produkten blir stabil.

Urea är däremot framställd med en produktionsmetod kallad prillning. Där blandas fasta råvaror i smältan och duschas ut från toppen av ett prilltorn. Dropparna stelnar under vägen ner och bildar runda, släta prills. Prills är oftast något mindre än granuler och har något lägre hållfasthet (Yara 2005). Som de flesta andra kvävegödselmedel absorberar urea fukt från luften och bör därför lagras i slutna förpackningar eller täckt med presenning i ett svalt, torrt och välventilerat utrymme (Albertsson och Malgeryd 2008).



Bild 1. Urea (Norrvik 2012).

Enligt Bremner (1995) har användningen av urea som kvävegödselmedel ökat så kraftigt att det har väckt nya diskussioner om att ta itu med de problem som gödsling med urea i vissa fall kan tänkas medföra. Negativa konsekvenser som kan uppkomma i anslutning till gödsling med urea omfattar skador på frön och groende växtdelar, skador på unga plantor, giftiga kväveföreningar som uppstår när urean övergår till ammoniak (NH_3) via hydrolysen, och brännskador på blad vid applikation av flytande kvävelösning. En stor utmaning är minskningen av de kväveförluster som uppstår vid omvandlingen av urea till ammoniak.

I och med den höga kvävekoncentrationen (46 % N) är det extra viktigt att urea sprids jämnt och i rätt mängd. Vid bredspridning av urea med centrifugalspridare kan man få en ojämn spridningsbild eftersom gödselkornen har olika storlek och vikt (bild 1). Kombisädd eller radmyllning är att föredra. Direktkontakt mellan utsäde och urea bör dock undvikas

eftersom groningen då riskerar att hämmas. Om urea bredsprids på markytan utan nedmyllning eller nedbrukning kan en del kväve gå förlorat i form av ammoniak. Detta gäller särskilt vid låg luftfuktighet och hög temperatur. Om marken är mycket torr kan det också hända att urean blir liggande på eller i marken utan att omvandlas och kvävet därmed inte blir tillgängligt för växterna tillräckligt snabbt.

3.3 Effekter vid gödsling med urea

Under åren kring 1970 gjordes ganska många jämförande fältförsök med ureagödsling till vårsäd i Sverige. Vid denna tid introducerades radmyllningstekniken och det låg nära till hands att testa hur urea fungerade med denna appliceringsteknik. Enligt försöken gav gödsling med urea samma skördar som gödsling med andra mineralkvävegödselmedel.

I Västra försöksdistriktet genomfördes 27 fältförsök under perioden 1968-1972 med urea som huvudsakligt gödselmedel. Man jämförde stråsådens avkastning vid olika kvävenivåer av nedbrukad eller radmyllad urea. Resultaten framgår av bilaga 1.

Kalksalpeter tillförd efter vårsådens uppkomst ansågs i Västra försöksdistriktet i allmänhet vara det bästa gödslingsalternativet. Vid kvävenivån 60 kg kväve/ha, som bedömdes ligga i närheten av optimal kvävegiva med dåtidens prisförhållanden, uppnåddes lika bra resultat med radmyllad urea som med kalksalpeter. Vid en höjning av kvävenivå till 90 kg kväve/ha uppnåddes ingen betydande skördeökning.

I början av 1970-talet gjordes jämförande försök i Östra jordbruksförsöksdistriktet mellan NP 26-6 och urea vid olika kvävenivåer. Gödselmedlen applicerades såväl genom bredspridning och nedbrukning som genom radmyllning. I försöksleden med urea tillfördes motsvarande fosforgivor som i behandlingarna med NP-gödselmedel i samband med sådd. Enligt försökssammanställningen gav radmyllad urea i stort sett samma resultat som radmyllad NP. Inte heller vid nedbrukning var det någon nämnvärd skillnad mellan gödselmedlen (se bilaga 2).

Även i Södra försöksdistriktet genomfördes ett stort antal försök med radmyllning av urea i början av 1970-talet. I dessa försök jämfördes urea med kalkammonsalpeter (KAS) som tillfördes både genom bredspridning och nedbrukning och genom radmyllning. I dessa försök tycks radmyllning ha gett något bättre effekt än nedbrukning. Däremot framkom ingen skillnad mellan radmyllad kalkammonsalpeter och radmyllad urea (bilaga 3).

Av dessa försök kunde man dra slutsatsen att vid radmyllning ger urea och ammoniumnitratbaserade gödselmedel jämbördig effekt. I de försök där nedbrukning ingick som ett av alternativen visade sig att det inte är några påtagliga skillnader mellan gödselmedlen om båda brukas ner (Jordbruksverket, försöksammanställning u.å.).

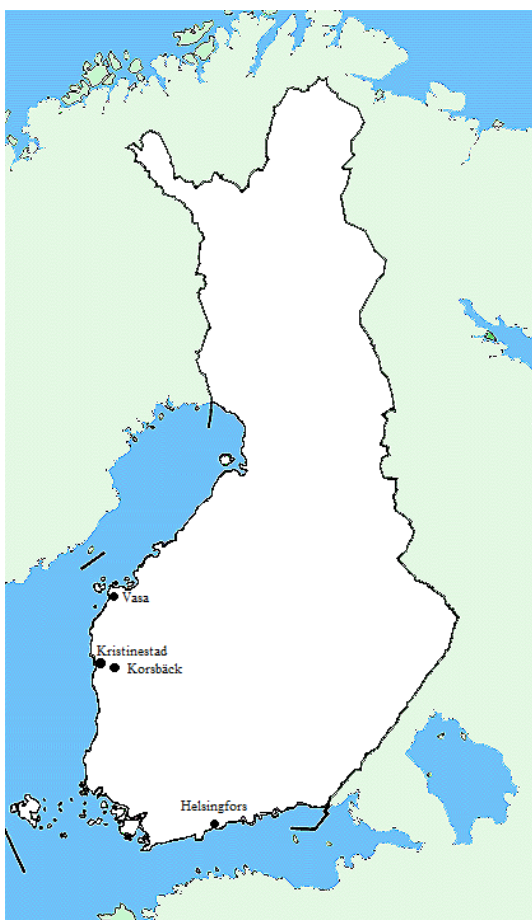
Under året 2005 gjordes i Sverige en försöksserie där man jämförde skördeavkastningen i vårkorn vid kombisådd av olika NPK- produkter jämfört med enbart kväve. Försöken etablerades på sådana platser där P-AI värdet var mellan 3 och 10 och där fosforgödning vanligen rekommenderas. Resultatet är sammanställt från 7 stycken försök där man utgick från 100 kg kväve/ha för samtliga led och stegvis trappat upp givorna av fosfor och kalium. Resultatet visar att ju mera fosfor som tillfördes desto högre var skörden. I de fall där ingen fosfor tillfördes fick man en skörd på 6150 kg/ha. Vid den lägsta givan fosfor som var 7 kg/ha fick man en skörd på 6477 kg/ha och vid den högsta fosforgivan på 27 kg/ha uppnåddes en skörd på 6811 kg/ha. Resultatet framgår av bilaga 4 (Yara växtpressen 2006).

4 Material och metoder

4.1 Försöksfältet

Ett försök där gödsling med ett sammansatt NPK-gödselmedel jämfördes med en giva av enbart kväve i form av urea utfördes under odlingssäsongen 2012 i Österbotten. Skiftet som undersökningen utfördes på hör till Urminne gård och är beläget i byn Korsbäck i Kristinestad. Försöksplatsen har koordinaterna N 6909064 och Ö 223082 (figur 1).

Spannmålsproduktion har bedrivits på Urminne gård sedan 60-talet. För tillfället är huvudgrödorna på gården korn, havre, vete och oljeväxter. Dessutom finns en del naturvårdsåkrar. Växtföljden är viktigt att tänka på med tanke på ogräsförekomst, växtsjukdomar, skadegörare och markstruktur. Att få en bra växtföljd på en spannmålgård kan ibland vara svårt eftersom all spannmål hör till samma växtfamilj. Detta problem har åtgärdats på gården genom att byta åkrar med potatisbönder i byn för att få in potatis som en del av växtföljden och vice versa. Det betyder att på de flesta åkrar blir växtföljden två år spannmål och två år potatis.



Figur 1. Karta över försöksplatsens läge.

Skiftet som försöket etablerades på har en nästan full rektangulär form och är 1,12 ha stort. Det är nästan helt plant men har några graders lutning från mitten ut mot bägge ändarna. Skiftet är inte täckdikat, eftersom jordarten är grovmo. Denna klassas till gruppen grova mineraljordar där överskottsvatten anses röra sig bra genom markprofilen även utan täckdikning. Detta skifte är passande för både odling av spannmål som potatis. Skiftet är heller inte omgivet av skog som skulle ge skugga åt grödan.

Växtföljden var mellan år 2007 och 2011 havre, havre, potatis, potatis och vete. Hösten 2011 bearbetades skiftet med en tallriksharv av märket Dalbo. Skiftet bearbetades med tallriksharv för att kunna så det direkt utan någon förberedande bearbetning på våren. Men eftersom detta fält blev utvald till försöksplats för detta försök plöjdes det på våren för att undvika växtrester på ytan som möjligen skulle kunnat försvårat etableringen av försöksgrödan eftersom såmaskinen inte är anpassad för reducerad bearbetning.

Tabell 2. Markkarteringsresultat över försöksskiftet.

Parameter	Analysresultat	Förklaring respektive klassindelning
Jordart	GMo	Grovmo
Mullhalt	mh	mullhaltig
pH	5,5	Försvarlig
Ca, mg/l	449	Rätt dålig
P, mg/l	11	Tillfredsställande
K, mg/l	120	Tillfredsställande
Mg, mg/l	41	Dålig
S, mg/l	20	Hög

Markkarteringen var senast gjord år 2008. Ett pH-värde på 5,5 är tillräckligt för att odla havre som är mera tolerant mot ett lägre pH-värde än andra spannmålsarter. Fosfor och kalium ligger på en tillfredsställande nivå och är inom klass 4 enligt markkarteringen och borde leverera den mängd av fosfor och kalium som behövs för att producera en god skörd.

4.2 Genomförande av försöket

Försöksfältet plöjdes 6.5.2012 med en Lemken 5-skärig växelplog på 22 cm djup. Efter plöjningen harvades fältet med en Potila Primus S-pinneharv den 23.5. Harven var utrustad med en crossboard fram och en ribbvält bak. Med en körning över fältet och ett harvdjup

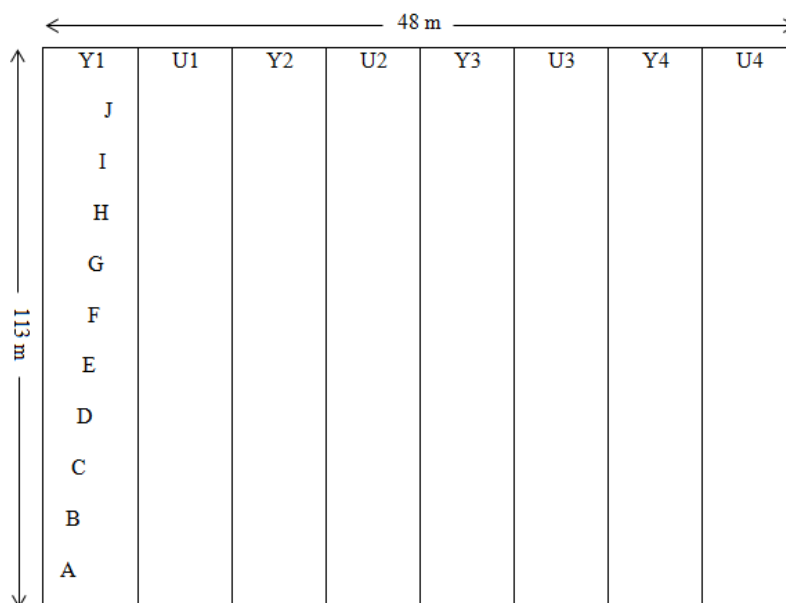
på 5-6 cm var såbädden klar för att ge grödan goda förhållanden att växa i. Sådden av försöket inleddes den 24.5.

Grödan var i detta försök havre av sort Ringsaker och som gödselmedel används YaraMila Åker Y3, 23-3-8 respektive urea (N46). Utsädet var gårdens egna som hade körts genom torkens system någon extra timme för att förrensarna skulle ha tid att sortera bort så mycket agnar och småkärnor som möjligt.

Såmaskinen som användes var av märket Tume HKL 3000 JC, en kombisåmaskin utrustad med vanliga gödselbillar och skivsläpbillar för utsäde. Utsädesmängden var 220 kg/ha och gödselmängden för Y3 var 530 kg/ha. Det motsvarar en näringsmängd på 122 kg N/ha, 15,9 kg P/ha och 42,2 kg K/ha. Givan kväve som tillfördes grödan var 122 kg/ha för båda gödselmedlen i fråga.

Skiftet såddes först med det sammansatta gödselmedlet Y3. Som man vanligtvis gör när man sår en åker kör man så många varv runt skiftet tills man får en så bred vändteg att man kan börja köra drag i drag. Detta tillämpades även på detta fält, och efter att vändtegen var tillräckligt bred påbörjades såningen av försöksplatsen.

Försöket utgjordes av två led, gödsling med ett sammansatt NPK-gödselmedel ("Y-led") respektive med enbart kväve i form av urea ("U-led"), med vardera fyra upprepningar av vardera gödslingsalternativ. Upprepningarna av de två försöksleden etablerades omväxlande med varandra (figur 2).



Figur 2. Försökets uppställning (Y = sammansatt NPK-gödselmedel, U = urea, A – J = provtagningspunkter).

Varje försöksruta utgjordes av 2 drag med den 3 m breda såmaskinen (figur 2). Alla upprepningar av Y-leden såddes och märktes ut med tråkäppar för att i ett följande skede etablera de med urea gödslade upprepningarna. Själva försöksplatsen kom slutligen att bli 113 m * 48 m stort.

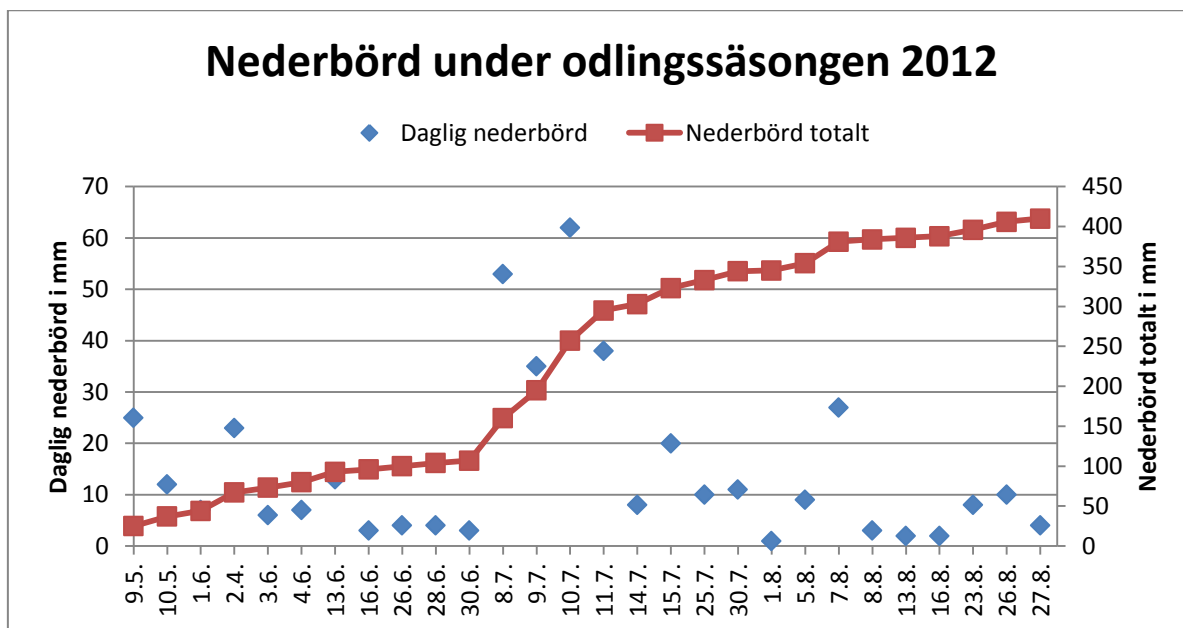


Bild 2. Sådd av försöket.

Efter sådden hade det kommit 27 mm med regn, jorden var passligt fuktig och brodden började att synas på fältet den 2 juni. Den 26.6 när havren var i bestockningsstadiumet blev hela försöksfältet sprutat med Tooler som är ett lågdospreparat avsedd för stråsäd för bekämpning av bredbladiga ogräs. Bruksmängden som användes var 50 g/ha + 0,1 l/ha av fästmedlet Mestarin. I samma blandning tillsattes även 1 l/ha Cycocel 750. Detta är en tillväxtregulator för stråsäd och avsikten var att motverka liggsädesförekomst.

Vid det skede som växtskyddet ägde rum kunde man inte se någon skillnad i växtsätt och utveckling av grödan i de olika leden. Två veckor senare när grödan var i stråskjutningsstadiet började man se en liten skillnad mellan Y och U- leden. I de led som hade blivit gödslade med enbart kväve i form av urea var grödan aningen kortare och hade en ljusare nyans av grön färg.

Väderleken var under odlingssäsongen 2012 väldigt exceptionell. Den mängd nederbörd som föll i området under månaderna maj-augusti har inte registrerats på över 50 år. Medeltemperaturen var under den normala för sommarmånaderna.



Figur 3. Nederbörd under odlingsäsongen i Korsbäck (Norrvik 2013).

4.3 Provtagning och utvärdering

Undersökningen inleddes den 30.8 då havren var i mognadsstadiet. Från varje försöksled klipptes 10 stycken provrutor á 0,25 m² (figur 2). Den första provtagningsrutan placerades 5 m in från vändtegen i varje led. De följande provtagningsplatserna bestämdes sedan genom att provtagningsramen sattes ner slumpmässigt med 10 m mellanrum längs med en linje som drogs diagonalt över varje upprepning. I varje provtagningsruta klipptes hela den ovanjordiska biomassan så nära markytan som det gick utan att få med jord och växtrötter. Man kunde här konstatera att växtskyddet hade lyckats bra och de få ogräs som fanns kvar i botten lämnades kvar utan att räknas in i resultatet. I de försöksled som innehöll sprutspår justerades provtagningsrutorna sidledes för att undvika att hamna mitt i ett spår.

Biomassan som klipptes från varje ruta sattes i tygkassar och numrerades för att senare veta från vilket led, vilken upprepning samt vilken provtagningsyta det kom ifrån. Kassarna radades upp inuti ett av gårdens lider med bra naturlig ventilation för att lufttorkas.

Vid vägningen av biomassan användes en precisionsvåg som är avsedd för vägning av hl-vikt av spannmål. Vågen väger på tusendels grams noggrannhet och blev senast krynad hösten 2011. Flera tomma tygkassar vägdes skilt för att hitta ett medeltal av deras vikt som

senare drogs bort. Medeltalet av 5 st tygkassar var 45,26 gram och hade en standardavvikelse på 1,31 gram. Samtliga prov vägdes sedan som kasse med innehåll.

Fem slumpmässigt utvalda tygpåsar torkades i ett varmluftstorkskåp i fem timmar för att därifrån kunna räkna ut provernas torrsubstansvikter. De fem prov som torkades i torkskåp visar att medeltalet på biomassans vattenhalt låg på 16,23 % med en standardavvikelse på 1,01 %. Resultaten från varje provruta räknades om från gram/0,25 m² till ton/ha eftersom det då är lättare att relatera till fältförhållanden. Här användes de värden som biomassan hade efter att den hade lufttorkats.



Bild 3. Försöksfältet 25.8.

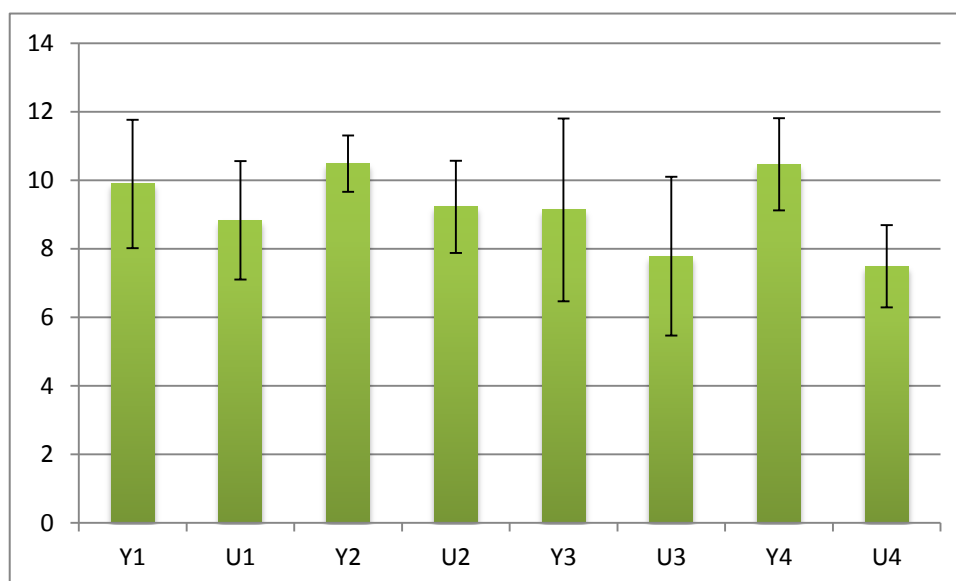


Bild 4. Klippning av provrutor 30.8.

Resultaten från de olika provytorna behandlades senare i dataprogrammet Microsoft Excel för att få fram de skillnader och avvikelser som fanns. För att analysera resultaten användes en variansanalys (ANOVA = Analysis of Variance) i statistikprogrammet SPSS. Med hjälp av variansanalysen kan man undersöka om det i försöket fanns signifikanta skillnader i hur behandlingen mellan de båda gödselmedlen påverkade resultatet. Denna variansanalys gjordes utgående från en s.k. mixmodell (Type-III). Det betyder att man tog i beaktan de faktorer som var både slumpmässiga och kontrollerade, i detta fall de båda gödselmedlen, för att få fram sannolikheten för att vissa samband är statistiskt säkerställda. Detta beskrivs av ett p-värde. Ett lågt p-värde talar emot nollhypotesen, vilket påstår att det inte skulle finnas skillnader mellan variablerna. Som säkerhetsnivå på signifikansgränsen användes 5 %.

5 Resultat

Det fanns skillnader i medeltalen av de totala biomassaskördarna uttryckt i ton/ha mellan de led som gödslats med ett sammansatt gödselmedel respektive med enbart urea. Figur 4 visar att man har uppnått en högre biomassaskörd i de led som gödslats med Yara Mila Y3. Standardavvikelseerna täcker dock in varandra vilket antyder att skillnaderna mellan försöksleden inte är statistiskt tillförlitliga. Standardfelet visar hur mycket enstaka mätvärden är utspridda från medelvärdet.

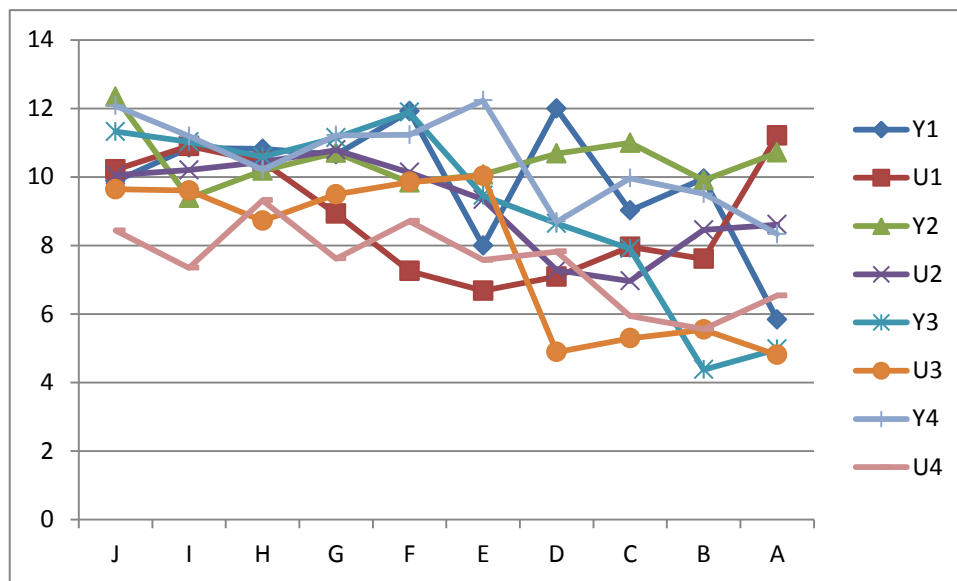


Figur 4. Biomassaskörden ton/ha för varje försöksled där Y = gödsling med NPK och U = gödsling med urea (medeltal och standardfel).

Den totala biomassaskördens medeltal för de led som gödslats med Y3 var 9,99 ton/ha med en standardavvikelse på 1,67 ton/ha. För de led som gödslats med urea var medeltalet 8,33 ton/ha med en standardavvikelse på 1,64 ton/ha. Man har således uppnått en i medeltal 1,66 ton/ha högre biomassaskörd på då man har gödslat med NPK. Standardavvikelsen medeltal är nästan den samma i de båda leden.

Variationskoefficienten beskriver hur stor standardavvikelsen är i förhållande till medelvärdet uttryckt i procent. Det för de fyra upprepningarna beräknade medeltalet av variationskoefficienterna var för Y-leden 17,20 % och för U-leden var den 19,97 %. Av detta framgår att det är en större procentuell variation i förhållande till avkastningen inom U-leden vars biomassaskörd var lägre uttryckt i ton/ha.

Avvikelseerna i biomassaskördar inom ett och samma försöksled följde en viss tendens. Fältet ligger i en nordöstlig-sydvästlig riktning. Figur 5 visar att spridningen i biomassaproduktion var större i den nordöstra änden av fältet där provtagningen inleddes med markeringen A. Desto längre in i fältet mot sydväst riktning man kom blev resultaten jämnare efter hand. Man kan även se en uppåtgående trend i avkastningen mot andra änden av fältet.



Figur 5. Variationer inom försöksleden där Y = gödsling med NPK och U = gödsling med urea.

Enligt den statistiska utvärderingen som gjordes med hjälp av variansanalysen fanns det signifikanta skillnader i skörd mellan de båda leden och i en trend där skörden i de enskilda provtagningsrutorna tenderar att öka längs med en gradient över fältet (p-värden på 0,029 % respektive 0,040 %). Utgående från dessa värden kan man se att p-värdet är lågt, under 5 %, vilket resulterar i att man kan förkasta nollhypotesen. Resultaten av den statistiska behandlingen framgår ur bilaga 5 och är märkta med röd färg. Man kan ändå inte med absolut säkerhet säga att det just är så att fosfor och kalium som tillförts åkern i form av mineralgödsel bidragit till den bättre biomassaskörden. Det kan vara vilken markrelaterad faktor som helst, såsom markstruktur och pH-värde.

Utgående från detta försöksresultat kan man göra en grov ekonomisk beräkning på hur lönsamheten är vid användning av urea istället för Y3 för just detta fält. Gödselpriserna 19.3.2013 (K-lantbruk, Lappfjärd) ligger för Y3:s del på 596,30 €/ton och urea ligger på 602,50 €/ton. Dessa priser är med moms och inklusive frakt hem till gården om mängden är minst 5 ton. Spannmålspriserna är tagna från avenakauppa.fi där grundpriserna på havre ligger på 192 €/ton vid leveransort Vasa (19.3.2013). Gödselmängderna som användes var 530 kg/ha med Y3 och 264 för urea.

I detta exempel utgår man ifrån att 50 % av den totala biomassans vikt från de båda försöken skulle bestå av kärnskörd, det skulle betyda att man har uppnått en kärnskörd på 5000 kg/ha där man har gödlat med Y3 och 4166 kg/ha där man gödlat med urea. När man jämför de båda gödselmedlen har man olika summor av insatt kapital i form av gödselkostnader. I detta fall är startkostnaden för Y3 316 € och 159 € för urea.

Vid den totala kärnskörd på 4166 kg/ha som man åstadkom med urea som gödselmedel har man uppnått en intäkt på 640,5 €/ha. Vid den kärnskörd som man fick när fältet gödslades med Y3 som var 5000 kg/ha har man uppnått en intäkt på 643,6 €/ha. Skillnaden här är en försäljningsvinst på 3,10 €/ha vid användning av Y3 som gödselmedel.

6 Diskussion

Syftet med detta arbete har varit att undersöka den totala biomassans tillväxt vid odling av havre när den gödslas med det sammansatta gödselmedlet eller enbart med kväve. De gödselmedel som användes var Yara Mila Y3 och urea. Hypotesen var att man under något år kunde utelämna fosfor och kalium utan att det skulle ha negativ effekt på grödan. Man utgick från att markens förråd av både fosfor och kalium skulle räcka till för att förse grödan med en tillräcklig mängd av dessa växtnäringsämnen. Givan kväve som tillfördes grödan var 122 kg/ha för båda gödselmedlen i fråga.

Resultatet visar att biomassaskörden var högre i de försöksled som gödslats med det sammansatta gödselmedlet Y3. Den totala biomassan var i medeltal 16,6 % högre för de led som gödslats med NPK jämfört med de som gödslats med urea. Den statistiska utvärderingen av resultaten påvisar att det finns en skillnad mellan de två olika leden. Det är osannolikt att det är slumpen som har gjort att resultatet blev till fördel för de led som blivit gödslade med Y3. Även fast det förekommer avvikelser inom olika upprepningar och försöksrutor har fosfor och kalium betydelse för den bättre biomassaskörden i de led där de blivit tillförda i form av mineralgödsel.

Variationerna som förekommer mellan de olika upprepningarna samt mellan de olika provtagningsrutorna påvisar att det finns en variation i fältets egenskaper. Man kan dock inte påvisa att det har varit till nackdel eller fördel för något av leden eftersom de båda följer en liknande uppåtgående trend varefter skiftets egenskaper ändrar. Orsaken till denna variation är troligtvis gradvisa förändringar i textur och mullhalt. Möjligen har skiftet i något skede brukats i form av olika skiften uppdelat med tegdiken, eller så har en del av skiftet uppodlats senare än den andra. Skiftet i fråga kom i gården ägo 1998 och dess odlingshistoria före den tiden är oklar.

Resultatet från denna undersökning ligger i linje med de resultat som kommer fram i Yara växtpressen (2006). Enligt de försök som gjordes i Sverige under odlingssäsongen 2005 gav de led som blivit tillförda fosfor och kalium med mineralgödsel en högre skörd än de led som endast tillfördes kväve.

En faktor som har påverkat försöket är väderleken under odlingssäsongen 2012. Man kan säga att det inte var något optimalt år att utföra växtodlingsförsök. Våren blev relativt sen på grund av det kalla vädret och rikligt med regn som fördröjde vårbruket enda mot slutet av maj. Senare under växtsäsongen i första halvan av juli kom det rikligt med regn under

bara några dagar. Kyligt väder medför en långsammare och därmed fördröjd omvandling av ureakväve till de för grödan upptagbara kväveformerna ammonium och nitrat (Bremner 1995). I urealedet kan grödan till en början ha lidit brist på kväve medan de kraftiga nederbörden i juli kan ha lett till att en del växtnäring utlakades. Således kan urealedet ha påverkats särskilt negativt av försöksårets väderlek.

Mobiliseringen av fosfor och kalium från markförrådet kräver gynnsamma förhållanden i form av värme, markfukt och syretillgång (Riesinger 2006, s. 36-49). Det kyliga vädret och den syrebrist som de omfattande nederbörden gav upphov till kan ha inverkat negativt på mobiliseringen av näringsämnen från markförrådet. Detta har i så fall mera negativa konsekvenser för de led som gödslats endast med kväve.

Vägningens utförande av biomassan från provrutorna har inte haft en inverkan på resultatet. Vägningen blev gjord med tygkasse plus innehåll där endast ett medeltal av kassarnas vikt drogs bort. Standardavvikelsen var 1,31 gram för tygkassarna jämfört med de genomsnittliga biomassaskördarna på 249,8 gram respektive 208,2 gram för de led som gödslades med urea respektive det sammansatta gödselmedlet. Avvikelserna i tygkassarnas vikt var alltså inte relevanta för resultatet.

Eftersom det var endast biomassan som vägdes kan man inte uttala sig konkret om kärnskördens storlek eftersom man inte vet det verkliga förhållandet mellan total biomassa och kärna. Man borde ha vägt biomassan och kärnan skilt för att se de verkliga förhållanden mellan varandra. Ändå kan man utgå ifrån att biomassa- och kärnskörd är konsekvent positivt korrelerade till varandra.

Försöket blev gjort på endast ett skifte med en jordart och dess specifika markegenskaper. Detta representerar inte alla Finlands odlingsmarker med tanke på mobilisering av växtnäring från markförrådet. Skiftet bjöd inte heller på optimala förhållanden så att gödsling med enbart urea skulle göra bra ifrån sig. Koncentrationerna av fosfor och kalium i marken låg i bördighetsklass fyra (av sju klasser) och de var därmed inte så höga att utelämnad gödsling med dessa näringsämnen absolut skulle ha varit motiverad. Markkarteringen var gjord senast för fyra år sedan och växtnäringskoncentrationerna har sjunkit sedan dess eftersom skörd varje år har förts bort från åkern.

Skiftets pH-värde låg på 5,5 vilket inte bjuder på optimala förutsättningar för mobiliseringen av fosfor från markförrådet. Vid ett så pass lågt pH-värde ökar utfällningen av aluminium, järn och mangan tillsammans med fosfater, vilket innebär att fosfor läggs fast i för växten otillgängliga former.

Det är generellt svårt att dra några långtgående slutsatser med resultatet från endast ett försök. Försök borde göras på flera olika fält med olika jordarter och markkarteringsklasser, helst under flera års tid för att kunna få jämförbara resultat. Det finns säkert fall där enbart kväve har jämnbördig effekt jämt emot ett sammansatt gödselmedel. Vid tillräckligt höga markkarteringsklasser och för mobilisering från markförrådet gynnsam jordmån och väderlek borde man kunna lämna bort fosfor och kalium under något år.

7 Sammanfattning

Resultaten i denna undersökning visar att det led som gödslades med ett sammansatt gödselmedel gav högre biomassaskörd än det led som gödslades med urea. Årlig tillförsel av fosfor och kalium visade sig således vara avgörande för grödans avkastningspotential. I det aktuella fallet räckte inte mobiliseringen från markförrådet av dessa växtnäringsämnen till för att kompensera avsaknaden av årlig tillförsel i form av mineralgödsel.

Vid en ekonomisk beräkning där man antog att hälften av biomassaskörden utgörs av kärna och räknade på insatserna per producerad kg havre blev resultatet nästan det samma för gödsling med NPK och gödsling med enbart urea, men med ett litet högre netto för den förstnämnda.

Med dagens relativt höga spannmålspris lönar det sig inte att gödsla enbart med kväve. Gödsling med enbart urea kan däremot vara ett alternativ om man inte förväntar sig stora skördar eller om priserna på spannmål sjunker. Det är definitivt av ekonomiskt intresse för jordbrukaren att i samband med gödslingsberäkningar utgå från markförrådets leverans av växtnäringsämnen. Genom att ha en ny och välgjord markkartering som visar jordens näringsinnehåll samt genom att hålla fältet markstruktur i gottskick kan den enskilda jordbrukaren optimera det ekonomiska utbytet av de insatser som görs vid växtodling.

Källförteckning

Albertsson, B. & Malgeryd, J. (2008). *Urea som gödselmedel*. (Växtnäringsenheten). Regionkontoret i Skara: Jordbruksverket.

Bonäs, J. (2004). *Österbottens Svenska Lantbrukssällskap 1904-2004. För landsbygdens utveckling i 100 år*. Vasa: Österbottens svenska lantbrukssällskap.

Bremner, J.M. (1995). Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. *Fertilizer Research* 42: s.321-329.

European Fertilizer Manufacturers Association (u.å.o). *Urea*.

Fogelfors, H. (red.). (2001). *Växtproduktion i jordbruket*. Borås: Natur och Kultur/LTs förlag.

Frostgård, G. (2005). Vad påverkar den fysikaliska kvaliteten?. *Yara Växtpressen* 34 (2), s. 5.

Frostgård, G. (2006). Ny försöksserie: Fosforstege till vårkorn. *Yara Växtpressen*, 35 (1), s. 11.

Greppa näringen. *Kväve*. Tillgänglig:

<http://www.greppa.nu/uppslagsboken/naringpaakern/precision/precisionsgodsling/kvave.4.1c0ae76117773233f7800018316.html> (hämtad: 12.3.2013).

Jordbruksverket. *Mineralgödsel i havreodling*. Tillgänglig:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrador/havre/vaxtnaring/mineralgodsel.4.4d699a812c3c7b925d80004695.html> (hämtad: 29.1.2013).

Juhlin-Dannfelt, H. (1925). Lantbrukets historia. Ingår i Larsson, B. Morell, M. & Myrdal, J. (red.). (1997) *Agrarhistoria*. Borås: Natur och Kultur/LTs förlag.

Jönsson-Rösiö, P. (1907). Lantmannens bok IV. Ingår i Larsson, B. Morell, M. & Myrdal, J. (red.). (1997) *Agrarhistoria*. Borås: Natur och Kultur/LTs förlag.

Riesinger, P. (2006). *Grunder för ekologiskt jordbruk. Del II Växtnäring*. Karis: Eget förlag.

Riesinger, P. (2013). Muntligt meddelande 4.4.2013

Saarela, I. (2002). Phosphorus in Finnish soils in the 1900's with particular references to the acid ammonium acetate soil test. *Agricultural and Food Science in Finland, vol 11: s. 257-271.*

Valkama, E. (1998). Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment 130: s. 75–85.*

Weidow, B. (1998). *Växtodlingens grunder*. Helsingborg: Natur och Kultur/LTs förlag.

Yara. Gödslingsråd säsongen 2013.

Öborn, I. (2005). Critical aspects of potassium management in agricultural systems. *Potassium management in agriculture 21: s. 102-112.*

Bilaga 1. Radmyllad och nedbrukad urea till vårsäd vid två olika kvävenivåer jämfört med kalksalpeter. Resultat från 27 försök i Västra försöksdistriktet 1968-1972.

Kvävegiva, kg/ha	Gödselmedel	Spridnings- sätt	Avkastning,	
			kg/ha	rel tal
0	-	-	2 480	100
60	Kalksalpeter	Bredspr. efter uppkomst	3 600	145
			Urea	Nedbr.
		Radm.	3 650	147
90	Urea	Nedbr.	3 650	147
		Radm.	3 790	153

Bilaga 2. Radmyllad och nedbrukad NP jämfört med urea i vårsäd vid två olika kvävenivåer. Resultat från 23 försök i Östra försöksdistriktet 1971-1973.

Kvävegiva, kg/ha	Gödselmedel	Spridnings- sätt	Avkastning,	
			kg/ha	rel tal
0	-	-	2 570	100
60	NP	Nedbr.	3 550	138
		Radm.	3 880	151
	Urea	Nedbr.	3 590	140
		Radm.	3 890	151
120	NP	Nedbr.	3 940	153
		Radm.	4 310	168
	Urea	Nedbr	4 040	157
		Radm.	4 180	163

Bilaga 3. Jämförande försök med kalkkammonsalpeter (KAS) och urea till vårsäd. Resultat från 48 försök i Södra försöksdistriktet 1971-1973.

Kvävegiva, kg/ha	Gödselmedel	Spridnings- sätt	Avkastning,	
			kg/ha	rel tal
0	-	-	3 290	100
45	KAS	Nedbr.	4 000	122
		Radm.	4 120	125
	Urea	Radm.	4 100	125
90	KAS	Nedbr.	4 150	126
		Radm.	4 220	128
	Urea	Radm.	4 220	128

Bilaga 4. Jämförande försök med olika NPK gödselmedel och N vid kombisådd till vårkorn. Resultat från 7 försök i Sverige (Yara) 2005.

Gödselmedel	Kvävegiva/ha	Fosforgiva/ha	Kaliumgiva/ha	Avkastning kg/ha
Axan	100	0	0	6150
OptiCrop 25-2-6	100	7	24	6477
OptiCrop 27-3-3	100	10	10	6596
OptiCrop 24-4-5	100	17	21	6711
OptiCrop 22-6-6	100	27	27	6811

Bilaga 5. SPSS- variansanalys (ANOVA- TYPE III).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Biomassa

Source		Sig.
Intercept	Hypothesis	,000
	Error	
Behandling	Hypothesis	,029
	Error	
Upprepning	Hypothesis	,283
	Error	
Gradient	Hypothesis	,040
	Error	
Behandling * Upprepning	Hypothesis	,168
	Error	
Behandling * Gradient	Hypothesis	,320
	Error	
Upprepning * Gradient	Hypothesis	,333
	Error	
Behandling * Upprepning * Gradient	Hypothesis	.
	Error	

Bilaga 6. Resultat från varje provtagningsruta omvandlat till ton/ha med 16,23 % fukthalt.

	Y1	U1	Y2	U2	Y3	U3	Y4	U4
J	9,88	10,216	12,336	10,052	11,32	9,64	12,072	8,436
I	10,852	10,9	9,384	10,2	11,024	9,604	11,192	7,348
H	10,816	10,444	10,18	10,44	10,588	8,72	10,208	9,32
G	10,656	8,924	10,704	10,784	11,144	9,492	11,216	7,616
F	11,916	7,252	9,836	10,132	11,888	9,848	11,228	8,712
E	7,992	6,68	10,072	9,34	9,46	10,032	12,232	7,576
D	11,988	7,092	10,684	7,276	8,64	4,888	8,692	7,824
C	9,02	7,96	10,996	6,964	7,908	5,292	9,964	5,94
B	9,948	7,608	9,904	8,456	4,376	5,544	9,508	5,556
A	5,84	11,208	10,708	8,608	4,972	4,808	8,332	6,54
Medeltal biomassa ton/ha	9,8908	8,8284	10,4804	9,2252	9,132	7,7868	10,4644	7,4868
Standardavvikelse	1,875018	1,72749	0,820498	1,344119	2,664657	2,317448	1,346004	1,198951
Variationskoefficient	18,95719	19,56742	7,828884	14,57008	29,17934	29,76123	12,8627	16,01419