



Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap  
Institutionen för växtproduktionsekologi

# **Vårvetesorters effektivitet i användningen av kväve under den huvudsakliga tillväxtperioden**

Nitrogen use efficiency of spring wheat varieties during the  
major growth period

*Johan Gottfridsson*

# Vårvetesorters effektivitet i användningen av kväve under den huvudsakliga tillväxtperioden

Nitrogen use efficiency of spring wheat varieties during the major growth period

*Johan Gottfridsson*

**Handledare:** Göran Bergkvist och Linnéa Asplund, SLU

**Examinator:** Henrik Eckersten, SLU

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A1E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i Biologi - magisterarbete

**Kurskod:** EX0564

**Program/utbildning:** Agronomprogrammet – inriktning mark/växt

**Utgivningsår:** 2012

**Utgivningsort:** Uppsala

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Effektivitet i användningen av kväve, huvudsaklig tillväxtperiod, vårvetesorter, upptagseffektivitet, biomassaökning.



Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap  
Institutionen för växtproduktionsekologi

## Sammanfattning

Grödornas effektivitet i att utnyttja den näring de har tillgång till är en viktig faktor när det gäller att öka produktiviteten och minska miljöpåverkan i jordbruket. Kväve är det näringsämne som växterna behöver i störst mängd och vete är, tillsammans med majs och ris, världens mest odlade jordbruksgröda. I detta arbete undersöktes tolv olika vårvetesorters effektivitet i användningen av kväve, NUE, under den huvudsakliga tillväxtperioden, HTP. NUE beräknades som en produkt av upptagseffektiviteten för kväve,  $U_N$ , och omvandlingseffektivitet av kväve till biomassa,  $E_N$ . Syftet med detta arbete var att ta reda på om det finns sortskillnader i NUE och dess komponenter hos de tolv sorterna och att koppla en hög NUE till speciella egenskaper hos sorterna. Ett odlingsförsök genomfördes i klimat-kammare med sorterna Dalarna, Vårpärlvete, Kolben, Rubin, Diamant, Progress, Rival, Drott, Prins, Dragon, Dacke, Vinjett. Sorterna arrangerades slumpmässigt i kompletta block med fyra upprepningar. Det fanns två uppsättningar av varje sort i alla block eftersom två destruktiva skördar genomfördes. Egenskaperna biomassatillväxt under HTP, klorofyllinnehåll i bladen, specifik bladyta och specifik rotlängds effekt på NUE i vårvete undersöktes. Signifikanta skillnader mellan sorterna fanns i egenskaperna biomassatillväxt under HTP, klorofyllinnehåll i bladen och specifik bladyta. Resultaten visade att biomassatillväxten under HTP korrelerade starkt med NUE och dess delkomponent  $U_N$ . En stor biomassatillväxt gav ett bra kväveutnyttjande. Det fanns däremot ingen tydlig korrelation mellan biomassatillväxten och  $E_N$ . Resultaten visade inte på några samband mellan klorofyllinnehåll och NUE eller dess komponenter. Sorter med stor specifik bladyta, t.ex. Dalarna, hade generellt högre NUE än sorter med liten specifik bladyta, t.ex. Progress. Besläktade sorter hade liknande egenskaper.

## Abstract

Crop efficiency in utilizing available nutrients is an important factor in increasing productivity and reducing the environmental impact of agriculture. Nitrogen is the nutrient that plants need in the largest quantity and wheat, along with maize and rice, is the world's most cultivated crop. In this work, the Nitrogen Use Efficiency, NUE, during the major growth period, HTP, of twelve different spring wheat varieties, were examined. The NUE was calculated as the product of uptake efficiency of nitrogen,  $U_N$ , and the conversion efficiency of nitrogen to biomass,  $E_N$ . The purpose of this work was to find if there are varietal differences in NUE and its components among the twelve varieties and to link a high NUE to specific characteristics of the varieties. An experiment was performed in a climate chamber with the varieties Dalarna, Vårpärlevete, Kolben, Rubin, Diamant, Progress, Rival, Drott, Prins, Dragon, Dacke and Vinjett. The varieties were arranged randomly in complete blocks with four replications. There were two sets of each variety in each replicate as two destructive harvests were carried out. The effect of the properties biomass increase during HTP, chlorophyll content of leaves, specific leaf area and specific root length on NUE, and its components, in spring wheat were studied. Significant differences among varieties were found in the properties biomass growth during HTP, chlorophyll content of leaves and specific leaf area. The results showed that the biomass growth during HTP positively correlated with NUE and its component  $U_N$ . High biomass growth resulted in good nitrogen utilization. There was however, no clear correlation between biomass growth and  $E_N$ . The results showed no correlation between chlorophyll content, and NUE or its components. Varieties with large specific leaf area e.g. Dalarna, in general had a higher NUE than varieties with small specific leaf area e.g. Progress. Related varieties had similar characteristics.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>7</b>
1.1	Jordbruksgrödor och näringsanvändningseffektivitet.....	7
1.2	Definition av näringsanvändningseffektivitet.....	8
1.3	Förädling NUE.....	9
1.4	Skötsel och miljö.....	11
1.5	Syfte.....	11
<b>2</b>	<b>Material och metod</b>	<b>12</b>
2.1	Försöksplan.....	12
2.2	Skötsel.....	14
2.3	Provtagningar och analyser.....	15
<b>3</b>	<b>Resultat</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>23</b>
	<b>Referenser</b>	<b>237</b>
	<b>Tack till</b>	<b>29</b>



# 1 Introduktion

## 1.1 Jordbruksgrödor och näringsanvändningseffektivitet

Världsbefolkningen ökar och allt fler människor får en högre levnadsstandard i många länder. Detta förväntas öka den globala efterfrågan på mat med 40 % mellan åren 2008-2033, samtidigt som jordens mark- och vattenresurser minskar (Lotze-Campen m fl., 2008). Jordbruket behöver därför bli effektivare och mer mat produceras på ett långsiktigt hållbart sätt. En faktor som påverkar jordbrukets effektivitet och miljöpåverkan är vilka grödor och sorter som odlas. Av de vanligaste jordbruksgrödorna i Storbritannien och norra Europa är sockerbeta den gröda som bäst utnyttjar det tillgängliga kvävet i marken (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009). Betan ger störst andel kväve tillbaka i torrsbstansskörd i förhållande till den tillgängliga mängden i marken. På andra plats kommer potatis, som följs av de sädeslag som odlas mindre intensivt såsom rågvete, råg och havre. Spannmålsgrödan med högst produktivitet och mest intensiva odlingsåtgärder, höstvetet till foder, hamnar längre ner. Sämst kväveutnyttjande av spannmålsgrödorna har de sorter som har högst kvalitetskrav såsom malkorn och brödvete. Oljeväxterna raps och lin samt de kvävefixerande grödorna ärter och bönor använder kvävet ännu mindre effektivt än stråsäden. Förklaringar till skillnaden i effektivitet mellan arter kan vara att olika arter har olika lång växtsäsong, t.ex. kan sockerbetorna ta upp kväve till långt fram på hösten. I spannmålsodlingen har odlingsintensiteten och kvalitetskraven betydelse för kväveeffektiviteten, eftersom det påverkar gödslingen. Kraven på höga proteinhalter i brödvete ger stora hektargivor av kvävegödsel och därmed sjunker effektiviteten. Vete odlas i stor omfattning i Sverige likväl som i stora delar av världen. I Sverige skördades ca 2 miljoner ton vete 2010, vilket utgjorde 47 % av den totala spannmålsskörden i landet (SCB, 2010). Den globala produktionen av vete var ca 683 miljoner ton 2009, vilket utgjorde ca 27 % av den totala spannmålsproduktionen det året (FAO, 2011). Mycket forskning har

bedrivits på vetets näringsutnyttjande, framför allt med avseende på kväve, eftersom det är detta näringsämne som i de flesta fall är begränsande för tillväxten i stråsåd.

Av allt kväve som sprids som gödsel i den globala spannmålsodlingen skördas endast 33 % i form av kärna (Raun & Johnson, 1999). Andelens storlek beror inte bara på vilken gröda och sort som odlas utan påverkas av en rad andra faktorer, såsom gödselnivå, jordart, nederbörd, jordbearbetning osv. Men en gröda eller sort som effektivt tar tillvara det kväve den får tillgång till kan bidra till att öka effektiviteten i näringsutnyttjandet i odlingen.

## 1.2 Definition av näringsanvändningseffektivitet

Många studier har fokuserat på så stor kärnskörd som möjligt med en viss mängd växttillgängligt kväve, och grödans effektivitet när det gäller att utnyttja N. ”Nitrogen Use Efficiency” (NUE), definierades av Moll m fl. (1982) som ”producerad kärnskörd per enhet tillgängligt kväve i marken”. Den beräknades på följande sätt:

$G_w/N_s$  där:

$G_w$  = kärnskörd (g)

$N_s$  = tillgängligt N (g). Denna term avser egentligen växttillgängligt N i marken men eftersom den är svår att beräkna ersätts den ibland med tillfört gödsel-N.

Vidare delas NUE in i:

Upptagseffektivitet =  $N_t/N_s$  och

Utnyttjandeeffektivitet =  $G_w/N_t$  där:

$N_t$  = totalt ovanjordiskt innehåll av N i växten vid mognad.

Detta sätt att beräkna NUE innefattar plantornas upptagseffektivitet och utnyttjandeeffektivitet. Faktorer som tas med i beräkningarna är kärnskörd, tillgängligt N och N-innehåll i plantan vid mognad. Ett problem med detta sätt att räkna är att allt upptaget kväve förväntas vara tillgängligt under den huvudsakliga tillväxtperioden (HTP). Under denna period sker huvuddelen av tillväxten och därmed är även N-behovet som störst. Sambandet mellan växt-N och biomassatillväxt är som starkast under HTP och det är endast då som N-tillgången kan vara en begränsande faktor för tillväxten (Weih m fl., 2011). Weih m fl. (2011) lade till N-koncentrationen i kärnan vid skörd som en komponent, och definierade om upptags- och omvandlingskomponenterna i beräkningarna av NUE. Grödans totala NUE definierades som kväveinnehållet i den producerade kärnan per enhet av kväve i utsädet ( $gN (gN)^{-1}$ ). På så sätt kombineras metoderna som behandlar upp-



tag och förluster av biomassa och näringsämnen med de som fokuserar på skördeprodukter. Detta ger en bättre förståelse för helheten i jordbruksgrödornas NUE eftersom olika forskningsmetoder, som ofta inte stämmer överens, ger olika bilder av en grödas effektivitet. NUE beräknades på följande sätt:

$NUE = U_N * E_{N,g} * C_{N,g}$  där:

Upptagseffektiviteten ( $U_N$ ) = plantans medel-N-innehåll under HTP (g) / N-innehåll i utsädet (g)

Kärnspecifika N-effektiviteten ( $E_{N,g}$ ) = kärnskörd (g) / plantans medel-N-innehåll under HTP (g)

Kärnskördens N-koncentration ( $C_{N,g}$ ) = N-innehåll i kärnskörd (g) / kärnskörd (g)

I likhet med metoden i Moll m fl. (1982) delas NUE upp i olika komponenter. Grödans sätt att utnyttja det tillgängliga kvävet kan skilja mellan olika faser i plantans utveckling och påverkas av yttre stressfaktorer såsom torka och frost (Bertholdsson, 2000). Vetets NUE påverkas av plantans utvecklingsstadium vid tidpunkten då kvävet är tillgängligt. Det mest fördelaktiga för ett effektivt utnyttjande är att grödan har en stor tillgång på kväve när behovet är som störst d.v.s. under HTP, som börjar strax efter att grödorna passerat kompensationspunkten på våren och slutar i början av kärnfyllnadsfasen (Weih m fl., 2011). För att få så bra NUE som möjligt behöver mängden tillgängligt kväve vara väl anpassat till grödans behov vid en given tidpunkt. Om grödan har för liten tillgång när behovet är stort riskerar plantornas tillväxt och utveckling att hämmas med lägre NUE och skörd som följd. Om N-tillgången istället är större än nödvändigt kan näringen förloras genom dränering, till luften eller lagras i marken.

### 1.3 Förädling NUE

Muurinen m fl. (2006) använde samma definitioner för NUE och dess komponenter som Moll m fl. (1982). De visade att vetets NUE skiljer sig mellan olika sorter av vårvete och att NUE hos svenska och finska sorter har förbättrats över tiden genom förädling. Detta förklaras huvudsakligen av de nyare sorternas bättre upptagseffektivitet. Den huvudsakliga förbättringen skedde i början på 1900-talet medan skillnader i NUE är små mellan moderna sorter.

Det har skett en omfattande växtförädling det senaste seklet med målet att öka kärnskördarna för vete. Denna förädling har dock oftast skett under växtförhållanden med höga gödselgivor och stor användning av växtskyddsmedel (Barracough m fl., 2010). Detta har gjort moderna sorter mer anpassade till dessa förhållanden medan NUE oftast inte förbättrats jämfört med äldre sorter. I takt med att skördepotentialen ökat har även den optimala N-givan ökat i samma takt vilket lett till att NUE inte förbättrats (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009).

Det finns potential för förbättringar när det gäller upptag, fördelning och metabolism av N i plantan. Enligt Foulkes m fl. (2009) ansågs tidigare de enzymstyrda reaktionerna som reducerar nitrat till ammonium och vidare till aminosyror vara en begränsande faktor för tillväxten. Det anses numera inte vara fallet. Däremot kan processerna där glutaminsyntetas är involverat i plantans förmåga att återanvända N från gamla till nya blad vara en begränsning för tillväxten, vilket gör att förbättringspotential för utnyttjande av upptaget N kan finnas. Vidare konstateras att även plantans CO<sub>2</sub>-fixering utgör en förbättringsmöjlighet för ett ökat NUE och mer forskning på RuBisCo's funktion kan ge resultat. Även Masclaux m fl. (2001) anser att det finns förbättringsmöjligheter i växters förmåga att återanvända och allokera kväve från gamla blad till andra delar av växten, såsom kärnan i stråsäd, under slutet av plantans liv. En mycket viktig tidpunkt i plantans utveckling är övergången från upptagsstadiet, då bladen är kvävesänkor, till remobiliseringsstadiet, då bladen istället är kvävekällor. Under remobiliseringsstadiet tar plantan inte längre upp kväve utan omfördelar det kväve som finns i växten från bladen och stjälken till kärnorna i axet. Det finns än så länge inte tillräckligt med kunskap om mekanismerna som styr denna övergång. Mer förståelse för övergången skulle kunna ha stor betydelse för ett lyckat förädlingsarbete för att öka NUE.

Plantornas utveckling i tidig ålder har stor betydelse för N-upptaget och proteinavkastningen. Vårvetplantors vikt efter 14 dagars odling i vattenkultur har visat sig ha ett positivt samband med proteinskörderna från plantor av samma sorter som odlades i fält (Bertholdsson, 2000). Skott, ax och småax bildar sina anlag tidigt och påverkas starkt av odlingsförhållandena under den tiden (Bertholdsson, 2000). Plantor med stor tillväxt i början av sin utveckling verkar ha en effektivare N-metabolism.

## 1.4 Skötsel och miljö

Gödslingens upplägg med spridningstidpunkt och mängd påverkar NUE och är väl undersökt. Stor tillgång på N när behovet är som störst i plantan och mindre tillgång när behovet är lägre ger bra NUE. Med bättre metoder för att uppskatta N i åkermarken kan gödslingen bli mer behovsanpassad och NUE förbättras i odlingen (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009). Dessa uppskattningars noggrannhet kan variera stort vilket har stor påverkan på gödslingen enligt Sylvester-Bradley m fl. (2001).

## 1.5 Syfte

Denna undersökning syftar till att kvantifiera skillnader i näringsutnyttjande under HTP, då N-behovet är som störst, mellan ett urval av sorter introducerade på den svenska sortlistan under 1900-talet och att identifiera egenskaper som är kopplade till bra näringsutnyttjande.

Följande egenskapers samband med NUE testades:

1. Ovanjordisk biomassaökning under den huvudsakliga tillväxtperioden.
2. Klorofyllkoncentration i blad
3. Specifik bladyta.
4. Specifik rotlängd

## 2 Material och metod

### 2.1 Försöksplan

Försöket genomfördes som ett enfaktoriellt komplett randomiserat blockförsök med fyra upprepningar. Tolv sorter som utgjorde ett urval av sorter introducerade på den svenska sortlistan under 1900-talet jämfördes (tabell 1). Det fanns två uppsättningar av varje sort i alla block eftersom två destruktiva skördar genomfördes.

Tabell 1. Sorter som ingick i försöket

Accessionsnr.	Namn	Intro		Förädlare	Härkomst	Egenskaper
		år				
NGB6410	Dalarna	1890 <sup>1)</sup>			Lantras <sup>2)</sup>	låg tkv, långt strå, medel N-innehåll <sup>1)</sup>
NGB6675	Vårpärlvete	1901 <sup>1)</sup>		Svalöv		medel tkv, långt strå, medel N-innehåll <sup>1)</sup>
NGB6676	Kolben	1909 <sup>1)</sup>		Svalöv	Upprepat urval från lantras med bred variation <sup>2)</sup>	låg tkv och strå längd, långt N-innehåll <sup>1)</sup>
NGB6678	Rubin	1921 <sup>1)</sup>		Svalöv	Kolben x Dala (lantras) <sup>2)</sup>	låg tkv, mkt kort strå <sup>3)</sup>
NGB6679	Diamant	1928 <sup>1)</sup>		Svalöv	Kolben x Hallands (lantras) <sup>2)</sup>	medel tkv och strå längd <sup>1)</sup>
NGB6682	Progress	1942 <sup>1)</sup>		Svalöv	Sv Å 23-8 x Extra Kolben II <sup>2)</sup>	låg tkv, långt strå, medel N-innehåll <sup>1)</sup>
NGB6684	Rival	1952 <sup>1)</sup>		Svalöv	Diamant x Extra Kolben II <sup>2)</sup>	låg tkv, strax över medel i strå längd, medel N-innehåll <sup>1)</sup>
NGB6686	Drott C	1954 <sup>1)</sup>		Svalöv	Fylgia I x (Extra-Kolben I x Rubin) <sup>2)</sup>	medel tkv och strå längd, mkt lågt N-innehåll <sup>1)</sup>
NGB6688	Prins	1965 <sup>1)</sup>		Svalöv	Diamant II x kärn II <sup>2)</sup>	låg tkv, medel strå längd och N-innehåll <sup>1)</sup>
NGB9954	Dragon	1988 <sup>1)</sup>		SW	Sicco/WW-12502//Sappo/Kadett <sup>2)</sup>	hög proteinhalt, medelhög avkastning, stråstyv <sup>4)</sup>
NGB9955	Dacke	1990 <sup>1)</sup>		SW	P18/17269//19151 <sup>3)</sup>	bra avkastning i ekologisk odling, bra stråstyrka, hög proteinhalt <sup>5)</sup>
NGB13917	Vinjett	1998 <sup>1)</sup>		SW		hög kärnskörd, medeltidig mognad, medelhög proteinhalt <sup>4)</sup>

1) Källa: Nordgen (2011)

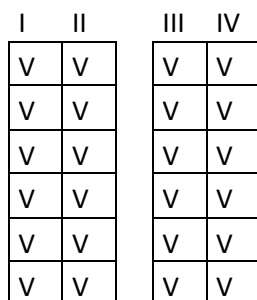
2) Källa: The Nordic Wheat and Rye Catalogue (1992)

3) Källa: Hysing m.fl. (2007)

4) Källa: [http://www.fife.slu.se/Webdata/\\$serie/07F5R2003Vaarvete.PDF](http://www.fife.slu.se/Webdata/$serie/07F5R2003Vaarvete.PDF)5) Källa: [www.swseed.se](http://www.swseed.se)

## 2.2 Skötsel

Odlingsförsöket genomfördes i en klimatkammare. Temperatur var 9 °C på natten och 18 °C på dagen, med 16 timmars dag och åtta timmars natt. Den fotosyntetiskt aktiva strålningen varierade mellan 205 och 250  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  i krukhöjd. Den relativa luftfuktigheten var 60 %.



Figur 1. Vagnarnas placering i klimatkammaren V = vagn.

Varje block bestod av sex vagnar (figur 1). Under försökets första 30 dagar stod krukorna på galler på vagnarna, men från och med dag 31 stod krukorna i plastbackar. Därmed togs all näringslösning upp av odlingsmediet och inget förlorades genom avrinning.

Fem vetekärnor såddes på två och en halv cm djup i varje kruka i ett odlingsmedium bestående av torvjord 80 % och perlit 20 %. Torvjorden bestod huvudsakligen av vitmossearter, men innehöll också sju volym-% kisellera och tre volym-% tvättad grus. Näringsinnehållet var: 180 g N/m<sup>3</sup>, 110 g P/m<sup>3</sup>, 195 g K/m<sup>3</sup>, 260 g Mg/m<sup>3</sup>, 100 g S/m<sup>3</sup>, 2000 g Ca/m<sup>3</sup>, 6,0 g Fe/m<sup>3</sup>, 3,5 g Mn/m<sup>3</sup>, 2,5 g Cu/m<sup>3</sup>, 1,5 g Zn/m<sup>3</sup>, 0,6 g B/m<sup>3</sup>, 3,0 g Mo/m<sup>3</sup>. Krukorna var 13x13 cm i överkant och 13 cm höga med volymen 1,8 l.

Efter uppkomst gallrades bestånden till två veteplantor per kruka. Försöket vattnades tre gånger per vecka. Vid vattningarna flyttades vagnarna ett steg inom blocket (nedåt i figur 1) samt roterades 180 grader runt sin egen axel. Var sjunde dag flyttades dessutom hela blocket ett steg (åt höger i figur 1). De första 30 dagarna

skedde vattningen ovanifrån med avjonat vatten. Från och med dag 31 vattnades krukorna underifrån i backarna med avjonat vatten 1 gång/vecka och näringslösningen blomstra 2 gånger/vecka, eftersom näringen i jorden inte beräknades räcka längre. Näringslösningen innehöll: 102 mg N/l varav 40 mg  $\text{NH}_4^+$ /l och 62 mg  $\text{NO}_3^-$ /l, 20 mg P/l, 86 mg K/l, 8 mg S/l, 6 mg Ca/l, 8 mg Mg/l, 0,34 mg Fe/l, 0,40 mg Mn/l, 0,20 mg B/l, 0,06 mg Zn/l, 0,030 mg Cu/l, 0,0008 mg Mo/l.

### 2.3 Provtagningar och analyser

Kärnornas kväveinnehåll vid sådd uppskattades, eftersom begränsad tillgång på utsäde gjorde att N-innehållet inte kunde analyseras. Vetekärnorna antogs innehålla 2,3 % N av kärnvikten, vilket de i genomsnitt gjorde i en studie av Asplund (opublicerat). Kärnorna vägdes innan sådd och vikten multiplicerades med 2,3 %. Sorternas kväveupptagnings effektivitet beräknades genom att dividera plantans genomsnittliga N-innehåll under den huvudsakliga tillväxtperioden med N-innehållet i utsädet. Den första skörden gjordes efter 18 dagar då alla utom tre plantor hade åtminstone två fullt utvecklade blad. En mätning av klorofyllinnehållet gjordes på mitten av varje fullt utvecklat blad med en SPAD-mätare (SPAD-502, Konica Minolta, Japan) och medelvärdet för varje planta noterades. Från mitten av samma blad klipptes två cm långa bitar av bladen. En rot från varje planta valdes ut och längden mättes. Dessa rötter och plantornas ovanjordiska växtdelar torkades i 2 dygn i 80 °C för att sedan vägas. De ovanjordiska växtdelarna maldes efter torkning en gång med mixer för växtprover och sedan med kulkvarn. Kväveinnehållet analyserades med masspektrometer av Waikato Stable Isotope Unit vid University of Waikato i Hamilton, Nya Zeeland. Spektrometern som användes var en "Dumas elemental analyser" (Europa Scientific ANCA-SL ) ansluten till en isotop-masspektrometer (Europa Scientific 20-20 Stable Isotope Analyser) (tillverkad av Europa Scientific Ltd, Crewe, Storbritannien). Bladbitarna som klipptes vid skörden vägdes och bredden mättes (mm) för beräkning av area och specifik blad-yta. Den specifika rotlängden beräknades som kvoten av rotlängden och den längdmätta rotens vikt. En klorofyllmätning gjordes på den ej skördade uppsättningen plantor efter 47 dagar. Den andra skörden gjordes efter 54 dagar då plantorna befann sig i DC-stadium 30-41. Vid denna skörd gjordes inga mätningar på rötterna. Klorofyllmätningarna och två cm-klippen för beräkning av specifik blad-yta togs från det senast fullt utvecklade bladet på varje planta. Torkning och vägning gjordes likadant som efter skörd 1.

I denna undersökning användes en liknande definition på NUE som Weih m fl., (2010) föreslog med skillnaden att den ovanjordiska medelbiomassan under HTP får ersätta kärnskorde eftersom försöket avslutades efter andra skörden. Även termen ( $C_{N,g}$ ) fick utelämnas av samma anledning och NUE räknas ut på följande sätt:  $NUE = U_N * E_N$  där:

Upptagseffektiviteten,  $U_N =$  plantans medel-N-innehåll under HTP (g) / N-innehåll i utsädet (g)

Plantspecifika N-effektiviteten,  $E_N =$  ovanjordisk medelbiomassa under HTP (g) / plantans medel-N-innehåll under HTP (g)

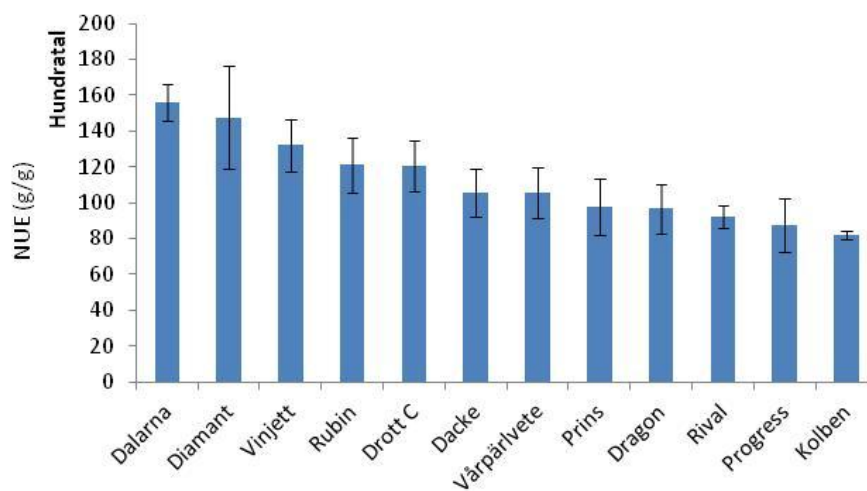
$NUE =$  ovanjordisk medelbiomassa under HTP (g) / N-innehåll i utsädet (g)

Resultaten testades statistiskt med variansanalys i programmet Minitab 16 (Minitab Inc, USA). Korrelationsanalys (Pearson) mellan de uppmätta variablerna och NUE och dess komponenter genomfördes både per experimentenhet och med sortmedelvärden.

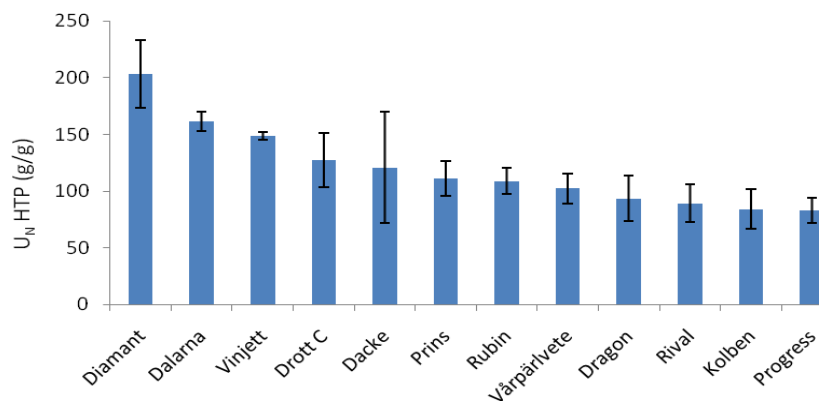


### 3 Resultat

Näringsanvändningseffektiviteten var högst för Dalarna, Diamant och Vinjett och lägst för Rival, Progress och Kolben (figur 2). Den inbördes rankingen mellan sorterna var liknande för  $U_N$  (figur 3) som för NUE.

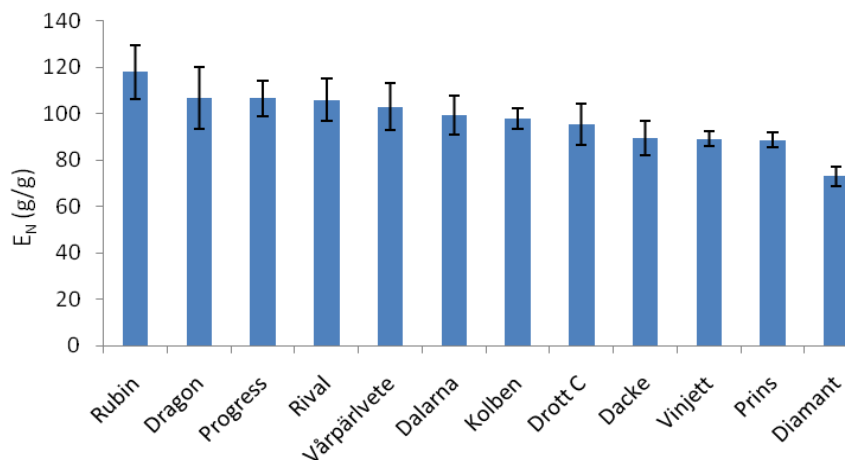


Figur 2. Effektivitet i användningen av kväve, NUE. Tolv sorter, som utgjorde ett urval av sorter introducerade på den svenska sortlistan under 1900-talet, jämfördes. Felstaplarna representerar medelvärdes standardfel.  $P=0,003$  för jämförelsen mellan sorter

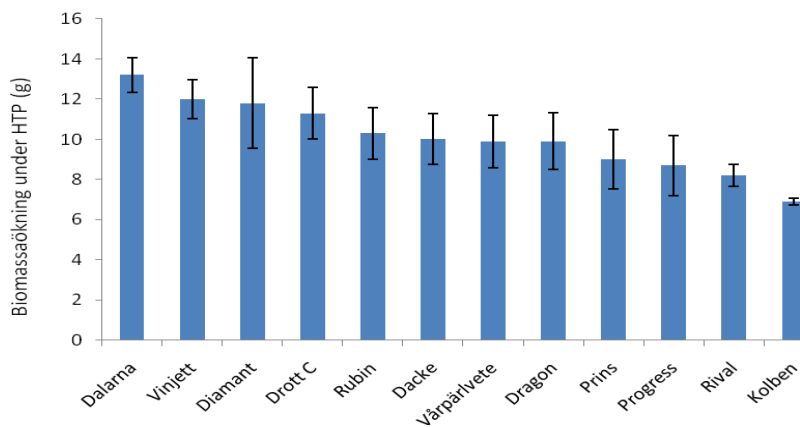


Figur 3. Upptagseffektivitet av kväve,  $U_N$ . Samma sorter som i figur 2. Felstaplarna representerar medelvärdeets standardfel.  $P=0,001$  för jämförelsen mellan sorter.

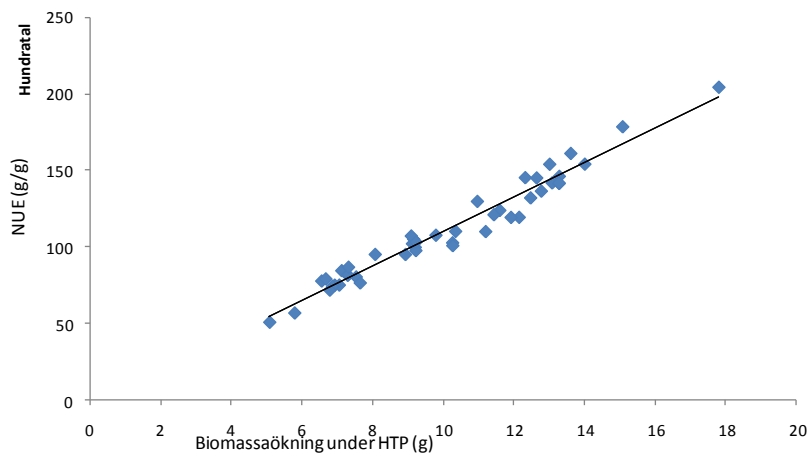
$E_N$  skiljde sig inte signifikant mellan sorterna, men det fanns tendenser till skillnader och den inbördes rankingen föreföll att vara annorlunda än för  $NUE$  (figur 4). Lägst genomsnittligt  $E_N$  hade Diamant, som hade högst  $U_N$ . Högst  $E_N$  hade Rubin, som var nära genomsnittet vad gäller  $U_N$ . Sorten Vinjett hade också hög  $U_N$ , men låg  $E_N$  och Progress hade lägst  $U_N$ , men hör till sorterna med högst  $E_N$ .



Figur 4. Den plantspecifika kväveeffektiviteten,  $E_N$ . Samma sorter som i figur 2. Felstaplarna representerar medelvärdeets standardfel.  $P=0,11$  för jämförelsen mellan sorter.

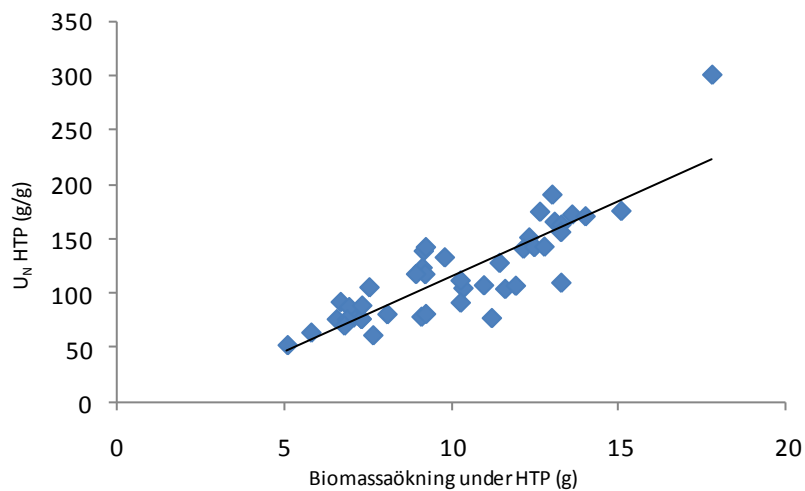


Figur 5. Biomassaökning under perioden med huvudsaklig tillväxt, HTP. Samma sorter som i figur 2. Felstaplarna representerar medelvärdeets standardfel.  $P=0,023$  för jämförelsen mellan sorter.

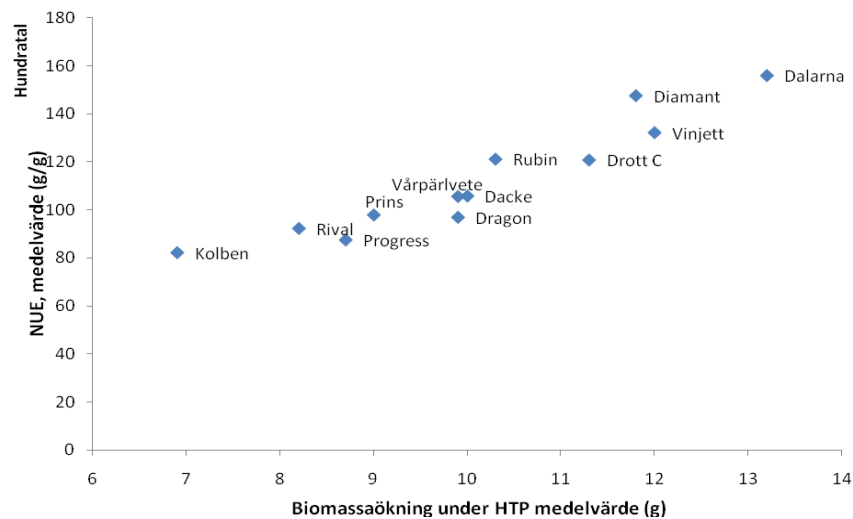


Figur 6. Korrelation mellan NUE och Biomassaökning under HTP ( $r=0,98$ .  $P < 0,001$ ).

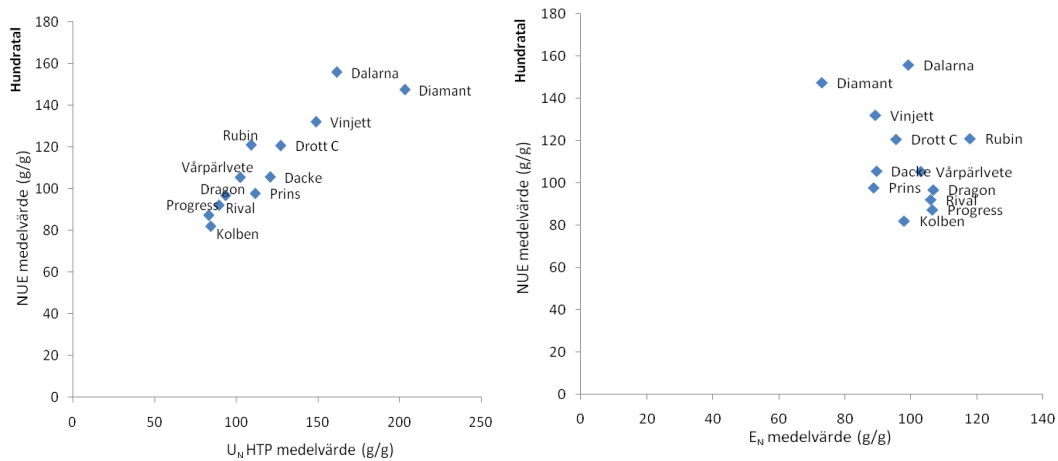
Veteplantornas biomassaökning under HTP skiljde mellan sorter (figur 5) och korrelerade med både NUE (figur 6) och  $U_N$  (figur 7). Samma tre sorter, Dalarna, Vinjett och Diamant, som hade högst NUE och  $U_N$ , hade också störst biomassaökning under HTP (figur 5). Sorterna med lägst NUE och  $U_N$  var Kolben, Rival och Progress. De hade också minst biomassaökning under HTP. Det fanns ingen signifikant korrelation mellan biomassaökning och  $E_N$ .



Figur 7. Korrelation mellan Biomassaökning under HTP och U<sub>N</sub> (n=antalet krutor i jämförelsen, r=0,86. P < 0,001).

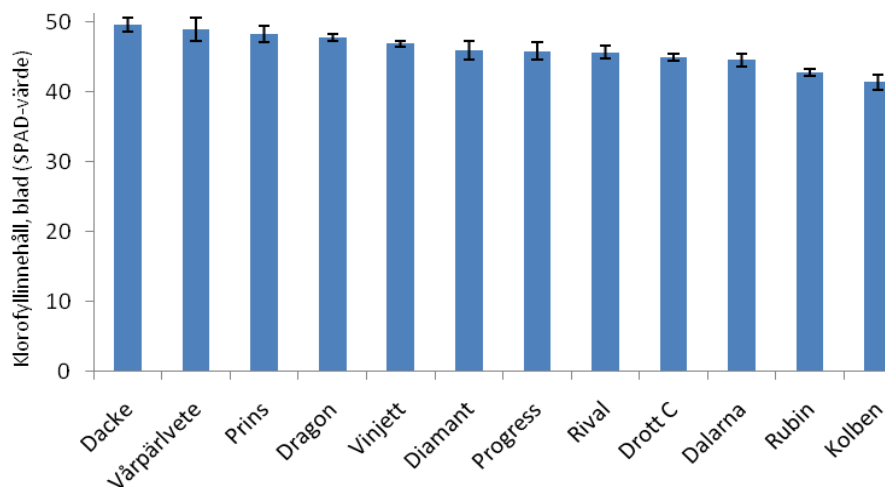


Figur 8. Sortmedelvärden för biomassaökning under den huvudsakliga tillväxtperioden avsatta mot sortmedelvärden för NUE. Samma sorter som i figur 2.



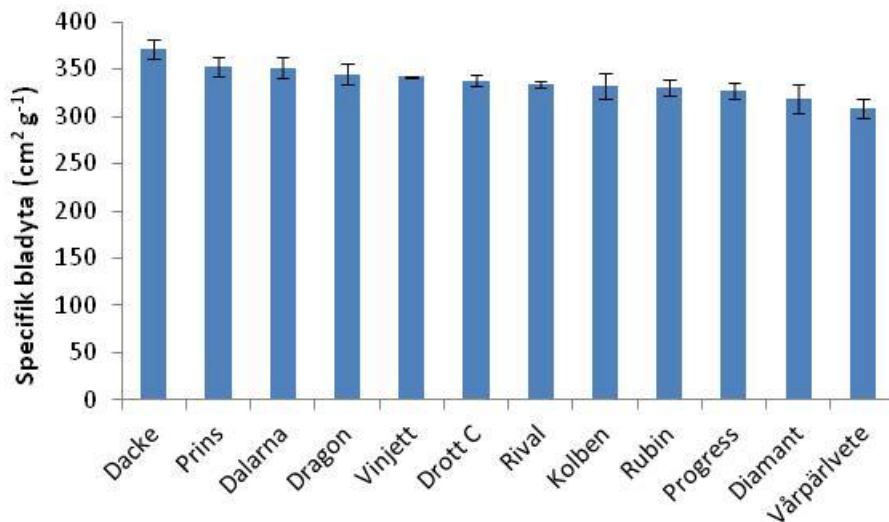
Figur 9. Tolv vårvetesorters (se figur 2) medel-NUE beroende på dess ingående komponenter,  $U_N$  (a,  $P=0,001$ ) respektive  $E_N$  (b,  $P=0,11$ )

Sorternas NUE ökade med stigande  $U_N$  (figur 9a), men sorternas  $E_N$  korrelerade inte med NUE (figur 9b). Sorterna Diamant och Vinjett har hög  $U_N$ , men låg  $E_N$ . Progress har lägst  $U_N$ , men hör till sorterna med högst  $E_N$  (figur 3 och 4).



Figur 10. Klorofyllvärde från det senaste fullt utvecklade bladet vid skördetillfälle två (54 dagar efter sådd). Samma sorter som i figur 2. Felstaplarna representerar medelvärdets standardfel.  $P<0,001$  för jämförelsen mellan sorter

Vid mätningen 18 dagar efter sådd hittades ingen skillnad i klorofyllinnehåll mellan sorterna, men 54 dagar efter skörd var skillnaden signifikant (figur 10). Det fanns ingen statistiskt signifikant korrelation mellan klorofyllinnehållet och NUE (data ej visade). Kolben hade dock både lägst klorofyllhalter och lägst NUE.



Figur 11. Specifik bladyta vid skördetillfälle ett (18 dagar efter sådd). Samma sorter som i figur 2. Felstaplarna representerar medelvärdeets standardfel.  $P=0,015$  för jämförelsen mellan sorter

I egenskapen specifik bladyta fanns signifikanta skillnader mellan sorterna vid skördetillfälle ett (figur 11). Sorten Progress hade vid denna tidpunkt en liten specifik bladyta och fick ett lågt NUE, figur 2. Dalarna hade stor specifik bladyta och fick högt NUE. Specifik bladyta korrelerade dock inte med NUE och det kan därmed inte visas att dessa egenskaper påverkar varandra. Vid andra skördetillfället skiljde den specifika bladytan inte signifikant ( $P=0,21$ ) mellan sorterna (data ej visade). Den specifika rotlängden skiljde inte mellan sorterna (data ej visade). Något korrelationstest mellan den specifika rotlängden och NUE gjordes därför inte.

## 4 Diskussion

Den genomsnittliga ökningen av biomassa under HTP hade en stark positiv korrelation med NUE. Detta är logiskt eftersom det är då kväve borde vara begränsande för tillväxten. Förändringarna av komponenterna i NUE i detta försök gör att termen NUE blir annorlunda jämfört med den som föreslås av Weih m fl., (2011). En fördel med att dela upp NUE i komponenter är att det ger förklaringar till varför NUE varierar mellan olika sorter. Komponenterna kan också förklara när i utvecklingen sortskillnaderna dyker upp. Beräkningsmetoderna som används av Moll m fl., (1982) tar inte hänsyn till effektiviteten under plantans utveckling utan använder endast kväve tillgängligt för plantan i förhållande till det kväve som återfinns i skörden. Även det kväve som tagits upp under perioder då kväve normalt inte är begränsande räknas in. Metoden ger ett mer ekonomiskt synsätt på NUE, medan detta försök har fokuserat på plantornas fysiologiska och inre egenskaper. Eftersom plantans medel N-innehåll under HTP finns med i båda komponenterna i NUE tar de ut varandra när  $U_N$  och  $E_N$  multipliceras ihop. Kvar blir ovanjordisk medelbiomassa under HTP per N-innehåll i utsädet som då bildar NUE. N-innehållet i utsädet är dock en uppskattning baserad på kärnornas vikt, vilket innebär att NUE egentligen är ovanjordisk medelbiomassa per utsädets biomassa. Med definitionen som används i detta arbete visar den sammanslagna termen NUE hur effektiva plantorna är på att omvandla kvävet i utsädet till biomassa (eller omvandla biomassan i utsädet till biomassa som kan skördas). Den tid då N är begränsande för tillväxten studerades separat. Skillnader i N-upptag under andra perioder säger inget om hur effektiva sorter är på att ta upp och använda N då det är begränsande utan snarare ett mått på förmåga till överkonsumtion. Biomassaökningens korrelation med  $U_N$  var inte lika stark som den med NUE, men visar ändå att det finns ett tydligt samband.

Resultaten visar att biomassaökning under HTP har ett starkt samband med plantornas  $U_N$  och NUE. Detta kan jämföras med resultaten från Bertholdsson (2000) som visade att vetepiantornas storlek i tidiga utvecklingsstadier hänger ihop med deras proteinskörd. Det är också logiskt att en sort som lyckas öka sin biomassa mer än andra med samma odlingsförutsättningar är bättre på att utnyttja näring, ljus eller vatten. Om detta försök även undersökt utnyttjandeeffektiviteten av vatten och ljus kanske sorterna med störst biomassaökning haft bäst effektivitet även där. De tolv sorterna som ingår i försöket har förädlats fram vid olika tidpunkter och odlingsförutsättningar. Vissa sorter kan vara väl anpassade till torra och näringsfattiga förhållanden, medan andra kommer mer till sin rätt under mer optimala odlingsförhållanden med god tillgång på näring och fukt. I detta försök odlades alla sorter under goda närings- och fuktförhållanden vilket antagligen gynnade vissa sorter mer än andra. Samtidigt skulle en rättvis jämförelse av sorterna vara svår att genomföra om de odlades under olika förhållanden. Genernas påverkan på NUE kan skilja mycket mellan olika försöksupplägg. Det har betydelse om alla sorter får lika mycket kväve eller om varje sort får tillgång till sin optimala kvävegiva enligt Sylvester-Bradley & Kindred (2009).

En orsak till att resultaten inte visade signifikanta skillnader mellan sorterna när det gäller specifik bladyta kan vara att bladbredden mättes med för dålig precision. Detta gjorde att variationen i värdena blev väldigt liten mellan plantorna och många fick samma bladbredd, medan den faktiska variationen säkerligen var större. En större mätnoggrannhet hade varit fördelaktig. När det gäller specifik rotlängd varierade möjligheten att plocka ut ett representativt prov i de olika kärlen på grund av att de fina rötterna hade trasslat in sig i torvjorden. Dessa rötter gick lätt sönder vid arbetet. Detta kan vara orsaker till att värdena hade stor variation inom sort och inte visade några signifikanta skillnader mellan sorterna.

Det finns samband mellan sorterens släktskap och deras egenskaper. Rival är släkt med Kolben och Diamant. Släktskapet med Kolben märks i NUE,  $U_N$  och biomassaökning under HTP där sorterna uppvisar liknande värden. Diamant har däremot höga värden i dessa mätningar. Prins och Diamant är släkt men det syns inte i resultaten. Progress och Kolben är släkt och båda har låga värden för  $U_N$ , NUE, biomassaökning under HTP och specifik bladyta. Diamant och Kolben är släkt, men har väldigt olika värden i  $U_N$ , NUE och biomassaökning under HTP. De ligger i varsin ände av diagrammen. I specifik bladyta ligger de dock närmare var-



andra. Rubin och Kolben är släkt vilket syns i klorofyllinnehåll och specifik blad-  
yta där de har liknande värden i båda diagrammen. Detta ger ingen entydig bild av  
ärftligheten hos sorterna. Ärftligheten för NUE syns mellan vissa sorter medan den  
är obefintlig mellan andra.

Kolben är en mycket gammal sort som introducerades 1909 på den svenska mark-  
naden och är därför inte lika förädlad som senare sorter. Den kan därmed vara  
närmare lantsorterna genetiskt. Dalarna är en lantsort som har helt annan  $U_N$  än  
Kolben. De ligger även i varsin ände av NUE- och biomassaökningsdiagrammen.  
De har däremot mycket lika klorofyllinnehåll. Kolben har lägst NUE, klorofyllin-  
nehåll i bladen, biomassatillväxt under HTP och näst lägst  $U_N$ . Det är också intres-  
sant att jämföra NUE med sorternas redan kända egenskaper från tabell 1 eftersom  
detta försök endast berörde perioden före blomning. Kolben har ett känt lågt N-  
innehåll i kärnan. Kolben och Dalarna har väldigt olika tillväxt och NUE, men  
klorofyllinnehåll och specifik bladyta verkar inte vara kopplade till tillväxten på  
samma sätt och där märks sorternas släktskap tydligt. När Kolben förädlades fram  
var antagligen målet att få en sort som kunde avkasta bättre än de gamla lantsor-  
terna utan att ge liggsäd. Då behövdes bättre stråstyrka. Kolbens sämre kväveut-  
nyttjande kan kanske förklaras med att den lägger mer kraft på ett starkt strå för att  
klara av en högre gödselgiva än de gamla lantsorterna. Sorternas släktskap märks i  
vissa egenskaper men yngre sorter har inte generellt bättre NUE än äldre. Detta  
stämmer överens med annan forskning som visar att NUE hos moderna sorter inte  
förbättrats jämfört med äldre sorter eftersom de moderna är mer anpassade till  
kväverika förhållanden, och i takt med att skördepotentialen ökat, har även den  
optimala N-givan ökat i samma takt (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009).

I detta arbete undersöktes fyra egenskapers påverkan NUE,  $U_N$  och  $E_N$  i vårvete  
men mer forskning behövs på området för att förbättra sorters och grödors effekti-  
viteten i användandet av kväve, öka effektiviteten i odlingen och minska miljöpåver-  
kan i jordbruket. Hittills har utvecklingen av effektivare sorter skett i takt med att  
N-gödslingen har ökat vilket även ökat skördarna och den ekonomiska avkast-  
ningen, medan NUE i odlingen inte ökat. Försöket visar att NUE skiljer mellan  
olika sorter. Skillnaderna är mer kopplade till upptagseffektiviteten av N än till  
effektiviteten i omvandlingen av N till biomassa. Även Muurinen m fl. (2006) vi-  
sade att det fanns sortskillnader i NUE hos svenska och finska vårvetesorter som  
främst berodde på bättre upptagseffektivitet hos de nyare sorterna. De använde  
samma definitioner för NUE och dess komponenter som Moll m fl. (1982), medan

resultaten i detta försök tagits fram med en annan metod. Det innebär att man i förädlingsarbetet för att förbättra NUE inte får glömma bort vikten av ett effektivt upptag. De sorter som ökar sin biomassa mest under HTP har även högst  $U_N$  och NUE. När det gäller påverkan av klorofyllhalten i bladen på NUE och dess komponenter hittades inga samband. Den specifika bladytans korrelation med NUE var också svag även om tendenser syns när det gällde sorterna Progress och Dalarna. Progress hade liten specifik bladyta och lågt NUE medan Dalarna hade stor specifik bladyta och högt NUE.

Av de egenskaper som undersöktes visade sig ovanjordisk biomassaökning under HTP ha det starkaste sambandet med NUE, medan övriga egenskapers påverkan på NUE var svårare att visa. Mer forskning behövs på området för att bättre förstå de mekanismer som styr vetets NUE.

## Referenser

- Barracough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., & Hawkesford, M.J. (2010) Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement, *European Journal of Agronomy*, 33:1-11
- Bertholdsson, N.O. (2000). Ökad stresstolerans – nyckeln till högre skörd och ett renare svenskt jordbruk. *Sveriges utsädesförenings tidskrift*, 110:214-225
- Brown, L. R. (1997). *Facing the challenge of food scarcity: Can we raise grain yields fast enough? Plant nutrition for sustainable food production and environment*, Red. T. Ando, K. Fujita, T. Mae, H. Matsumoto, S. Mori och J. Sekiya, pp. 15–24. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO Stat: Production: Crops. Tillgänglig: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> [2011-05-23]
- Foulkes M.J., Hawkesford, M.J., Barracough, P.B., Holdsworth, M.J., Kerr, S, Kightley, S., Shewry, P.R. (2009) Identifying traits to improve the nitrogen economy of wheat: Recent advances and future prospects. *Field Crops Research*, 114:329-342
- Hysing, S.C., Merker, A., Liljeroth, E., Koebner, R. M. D., Zeller, F. J., & Hsam, S. L. K. (2007) Powdery mildew resistance in 155 Nordic bread wheat cultivars and landraces. *Hereditas* 144:102-119
- Lotze-Campen H., Mueller C., Bondeau A., Rost S., Popp A., Lucht W. (2008) Global food demand, productivity growth, and the scarcity of land and water resources: a spatially explicit mathematical programming approach. *Agricultural Economics* 39:325-338
- Masclaux, C., Quillere, I., Gallais, A. & Hirel, B. (2001). The challenge of remobilisation in plant nitrogen economy. A survey of physio-agronomic and molecular approaches. *The Annals of Applied Biology* 138:69-81
- Moll, R.H., Kamprath, E.J. & Jackson, W.A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, 74:562-564

- Muurinen, S., Slafer, G. A., & Peltonen-Sainio, P. (2006) Breeding Effects on Nitrogen Use Efficiency of Spring Cereals under Northern Conditions. *Crop Science* 46:561-568
- Niklasson, M. (1992 ). *The Nordic wheat and rye catalogue, Nordiska genbanken* 15:1100-3456
- Raun, W.R. & Johnson, G.V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* 91:357–363
- SCB, Statistiska Centralbyrån: Hitta statistik: Statistik efter ämne: Jord- och skogsbruk, fiske: Skörd av spannmål, trindsäd.: Skörd av spannmål, trindsäd och oljeväxter år 2010 Tillgänglig: [http://www.scb.se/Pages/PressRelease\\_\\_\\_\\_305365.aspx](http://www.scb.se/Pages/PressRelease____305365.aspx) [2011-04-27]
- Sylvester-Bradley R., Stokes, DT. & Scott, RK. (2001). Dynamics of nitrogen capture without fertilizer: the baseline for fertilizing winter wheat in the UK. *Journal of Agricultural Science* 136:15–33
- Sylvester-Bradley, R., & Kindred, D.R. (2009). Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *The Journal of Experimental Botany* 60:1939-1951
- Weih, M., Asplund, L. & Bergkvist, G. (2011). Assessment of nutrient use in annual and perennial crops: A functional concept for analyzing nitrogen use efficiency. *Plant and Soil* 339:513-520

## Tack till

Detta självständiga arbete har genomförts i samarbete med Institutionen för Växtproduktionsekologi på Sveriges lantbruksuniversitet. Tack till handledare Göran Bergkvist och Linnéa Asplund.