

# Nitrogenbehovet til Betong vårhvete – oppsummering av tre år med forsøk

Annbjørg Øverli Kristoffersen og Hugh Riley

NIBIO Korn og frøvekster, Apelsvoll

annbjorg.kristoffersen@nibio.no

Betong vårhvete er en populær sort. Den ble godkjent i 2019 etter tre års verdiprøving. Sorten har et høyt avlingspotensial og god kornkvalitet, og er plassert i kvalitetsklasse 2. Den er sterk mot sykdom og har en god stråstyrke (Lundby *mfl.* 2022). Dette er egenskaper som gjør den attraktiv å dyrke. Responsen for nitrogen hos Betong vårhvete har blitt testet i forsøksserien «Oppfølging av nitrogennorm» i tre år. Målet med dette forsøket er å skaffe tilveie kunnskap om nitrogenbehovet til Betong.

av 8 ledd, med økning i N-gjødsling trinnvis med 1,5 kg N/daa fra 6 til 15 kg N/daa. Det var også med et ledd uten nitrogengjødsling, men bare PK-gjødsel. I strekkingsperioden (BBCH 35–39) ble alle feltene delgjødset med 5 kg N/daa på hele feltet, unntatt på null-leddet. Feltene ble behandlet som åkeren rundt når det gjaldt sprøyting mot ugras og sopp, samt vekstregulering.

## Materiale og metoder

I 2023 ble det anlagt 7 gjødslingsfelt i Betong vårhvete, hvorav ett felt ble ikke høstet på grunn av svært dårlig bestand og mye ugras ved høsting (tabell 1). Alle feltene på Østlandet ble seint sådd (fra 12. – 25. mai), med tilhørende sein tresking (4. sept. – 6. okt.). I Trøndelag derimot ble feltet anlagt allerede 20. april. Forsøksplanen er vist i tabell 2, og bestod

**Tabell 1.** Datoer for såing, delgjødning, høsting, samt forgrøde for forsøksfeltene vekstsesongen 2023

Sted	Sådato	Delgj.dato	Høstedata	Forgrøde	Jordart
Romerike	12. mai	23. juni	12.sept.	Vårrybs	Siltig lettleire
Solør	25. mai	15. juni	6. okt.	Bygg	Silt
Østafjells	22. mai	26. juni	18.sept.	Bygg	Siltig lettleire
Hedmark	12. mai	19. juni	4.sept.	Bygg	Lettleire
Værnes	20. april	26. juni	7.sept.	Potet	Siltig sand
Toten	16. mai	19. juni	13.sept.	Bygg	Lettleire

**Tabell 2.** Forsøksplan, trinnvis justering av N-gjødsling på våren

Ledd	Vår, kg N/daa
1	0
2	6
3	7,5
4	9
5	10,5
6	12
7	13,5
8	15

## Resultater 2023

### Vurdering av enkeltfeltene

I tabell 3 er det gitt en oversikt over avlingsnivå og kvalitet til enkeltfeltene. Feltene på Romerike, Værnes og Toten hadde bra avlingsnivå og høyt proteininnhold. Feltet på Toten ble vannet flere ganger i løpet av tørken i mai/juni. Feltene i Solør, Østafjells og Hedmark hadde lavt avlingsnivå, lav tusenkornvekt og lav hektolitervekt og veldig høyt proteininnhold. Falltallet var også langt under kravet

**Tabell 3.** Gjennomsnitt av ledd 2–8 for seks felt sesongen 2023. Avling på nullrutene i parentes

Sted	Vann % v/høsting	Avling kg/daa	Avling nullrute	Hl. vekt kg	Tkv. g	Protein %	Legde %	Falltall	Opptatt N kg/daa
Romerike	20,7	441	(271)	79,3	40,2	13,9	4,5	243	9,1
Solør	20,8	370	(236)	73,7	26,5	15,3	0	124	8,4
Østafjells	26,3	285	(276)	69,4	23,7	16,3	0	237	6,9
Hedmark	22,7	248	(143)	75,3	33,9	16,3	0	77	6,0
Værnes	24,4	515	(232)	81,3	48,3	12,2	0	296	9,3
Toten	18,7	534	(235)	80,1	47,8	14,1	0	206	11,1

på 200 på to av disse tre feltene. Det var kun litt legde på feltet på Romerike, ellers ikke legde.

## Effekter av gjødslingsbehandlingene

Resultatene for tre felt med avling over 400 kg korn/daa viste signifikant avlingsøkning opp til 12,5 kg N/daa, deretter ingen sikre avlingsforskjeller (tabell 4). Kornstørrelsen, målt som hektolitervekt og tusenkornvekt var ikke påvirket av gjødslingsleddene. Proteininnholdet var høyt (12,7 %) allerede ved svakeste gjødsling, og økte med 0,15 % per kg N. I 2021 økte proteininnholdet med 0,1 % per kg N (Kristoffersen 2022) og i 2022 med 0,2 % (Kristoffersen 2023). Opptatt N (kg/daa) viste signifikant økning opp til ledd 5; 15,5 kg N/daa. Utover det var det ingen signifikant økning i N-opptaket. Ett felt hadde betydelig mengde ugras, mens to av feltene var av god kvalitet, med lite ugras. Resultatene for tre felt med avling under 400 kg korn/daa er vist i tabell 5. Disse tre feltene var i mye

større grad preget av forsommertørken, og klarte ikke å respondere på vannet når det startet å regne ut på sommeren. Det var ingen avlingsforskjeller mellom gjødslingsleddene, og den tilførte gjødsla ble lite utnyttet. Kornet var smått, med veldig lave verdier for hektolitervekt og tusenkornvekt. Proteininnholdet ble svært høyt på disse feltene, men det var små forskjeller med økende N-gjødsling. For opptatt N i kornet (kg/daa) var eneste signifikante forskjellen mellom ugjødsle ledd og svakeste N-gjødslingsledd.

## Sammendrag for forsøkene i perioden 2021–2023

Det er gjennomført 19 gjødslingsforsøk i Betong i perioden 2021–2023. Det er interessant å se om responsen for nitrogen gjødsel er forskjellig ut fra avlingsnivået på feltet. Feltene er gruppert i tre avlingsgrupper; under 400, mellom 400–600 og over 600 kg/daa. Tabell 6 viser fordeling av feltene mellom gruppe og år.

**Tabell 4.** Kornavling og -kvalitet. Gjennomsnitt av tre felt i 2023 med avling over 400 kg korn/daa. Ulike bokstaver betyr signifikante forskjeller mellom ledd

Ledd	Gj.snitt tot-N kg/daa	Vann% v/høst	Avling kg/daa	Rel avl Ledd 5:100 %	Hl-vekt kg	1000-kv. g	Protein %	Opptatt N kg/daa
1	0	20,3 c	246 c	48	80,0	44,2	11,0 e	4,0 d
2	11,0	21,2 ab	449 b	88	80,6	44,9	12,7 d	8,5 c
3	12,5	21,0 bc	470 ab	92	80,0	45,5	12,8 d	8,9 c
4	14,0	21,3 ab	486 ab	95	80,2	46,0	13,2 cd	9,5 bc
5	15,5	21,1 bc	511 a	<b>100</b>	80,4	46,1	13,4 bc	10,1 ab
6	17,0	21,1 bc	514 a	101	80,1	44,4	13,5 bc	10,2 ab
7	18,5	21,4 ab	524 a	103	80,4	45,8	13,9 ab	10,7 a
8	20,0	22,1 a	523 a	102	79,8	45,6	14,3 a	11,0 a
	P %	<0,001	<0,001		i.s.	i.s.	<0,001	<0,001

**Tabell 5.** Kornavling og -kvalitet. Gjennomsnitt av tre felt i 2023 med avling under 400 kg korn/daa. Ulike bokstaver betyr signifikante forskjeller mellom ledd

Ledd	Gj.snitt tot-N kg/daa	Vann% v/høst	Avling kg/daa	Rel avl Ledd 5:100 %	HI-vekt kg	1000-kv. g	Protein %	Opptatt N kg/daa
1	0	19,7 b	218 b	72	74,6 a	30,1 a	14,1 c	4,5 b
2	11,0	22,8 ab	279 ab	93	73,2 ab	28,5 ab	15,5 b	6,3 a
3	12,5	24,9 a	294 a	97	72,8 ab	27,6 b	15,8 ab	6,8 a
4	14,0	22,5 ab	313 a	104	73,0 ab	28,5 ab	15,8 ab	7,3 a
5	15,5	22,3 ab	301 a	<b>100</b>	72,8 ab	28,8 ab	15,9 ab	7,0 a
6	17,0	22,8 ab	313 a	104	72,4 b	27,5 b	16,2 ab	7,5 a
7	18,5	23,7 a	303 a	101	72,3 b	27,2 b	16,4 a	7,3 a
8	20,0	23,8 a	303 a	101	73,0 ab	28,1 ab	16,2 ab	7,2 a
	P %	0,001	0,001		0,04		<0,001	<0,001

**Tabell 6.** Antall felt innen hver avlingsgruppe og år

	<400 kg/daa	400–600 kg/daa	>600 kg/daa
2021	2	1	3
2022	0	4	3
2023	3	3	0

Responen for nitrogengjødsel var lavest i gruppen «avling < 400 kg/daa» (tabell 7). For disse feltene var det andre forhold enn nitrogen var avlingsbegrensende, først og fremst vanntilgangen, men også andre forhold. Det var lav hektolitervekt og tusenkornvekt i denne gruppen, mens proteininnholdet var svært høyt, i snitt over 15 %. Mye av det opptatte nitrogenet har gått til proteinoppbygging siden avlingsnivået var lavt. Nitrogenopptaket var lavt for samtlige gjødslingsledd, og det var dårlig utnyttelse av tilført nitrogen.

I gruppen «avling mellom 400–600 kg/daa» var det større forskjell mellom ugjødsla og gjødsla ledd enn i gruppen med lavere avling. Gjødsling med 17 kg N/daa har gitt høyest avling, men dette var ikke signifikant høyere enn for leddet gjødslet med 14 kg N/daa. Det var høyt proteininnhold på samtlige ledd, til og med ugjødsla ledd klarte kravet til mathvete, på 11,5 %. N-opptaket i kornet var 3–4 kg/daa høyere i denne gruppa sammenlignet med gruppen med lavere avling.

I gruppen «avling > 600 kg/daa» har 20 kg N/daa gitt høyeste avling, men også her var det ikke signifikant høyere avling enn for leddet gjødslet med 14 kg N/daa. Det var fortsatt høyt proteininnhold, mellom 12–13 % for ledd gjødslet med 14 kg N/daa

eller mer. N-opptaket i kornet lå på 12–14 kg N/daa, som gav en høy N-utnyttelse av gjødsla.

Riley (2016) har tidligere sammenfattet resultater fra denne forsøksserien. Generelt ble det registrert stor avlingsøkning opp til «bondens gjødslingsplan-nivå». Deretter var det moderat økning ved høyere N-gjødsling. Dette stemmer godt med disse resultatene i Betong vårhvete.

### Utnyttelsen av tilført nitrogen

Høy N-utnyttelse er gunstig for så vel miljøet som for bondens økonomi. Effekten av N-gjødsel avtar som kjent med stigende mengde tilført, og man får mest igjen for gjødselen under gode vekstbetingelser enn når de er dårlige. N-effektiviteten kan uttrykkes på flere måter, f.eks. som de marginale økningene i avling eller N-opptak pr. kg N tilført mellom ulike N-ledd i gjødslingsforsøk:

$$\text{N-effektivitet} = (\text{avling el. opptak ved ledd 2} - \text{avling el. opptak ved ledd 1}) / \text{kg N tilført mellom ledd 1 og 2.}$$

Slike verdier er gitt i tabell 8 for utvalgte intervall i N-gjødsling i disse forsøkene. De viser tydelig at det er høyest N-effektivitet når avlingsnivået er høyt. Med dagens gjødselspris på omkring kr. 20–25 pr. kg N, trengs det ca. 5–6 kg økning i avling pr. kg N. Det tyder på økonomisk optima mellom 11 og 14 kg N på feltene med lavest avling, 14–17 kg N på feltene med middels avling og 17–20 kg N på feltene med høy avling. Målt som N-opptak pr. kg N, faller N-effektiviteten drastisk ved bruk av mer enn det som er økonomisk forsvarlig.

**Tabell 7.** Sammendrag av 19 felt i 2021– 2023, gruppert etter avlingsnivå < 400, mellom 400–600 og > 600 kg/daa, n = antall felt innen hver gruppe. Ulike bokstaver betyr signifikante forskjeller mellom ledd innen avlingsgruppe

Ledd	Gj.snitt tot-N kg/daa	Vann% v/høst	Avling kg/daa	Rel avl Ledd 5:100 %	HI-vekt kg	1000-kv. g	Protein %	Opptatt N kg/daa
<b>Avling &lt; 400 kg/daa (n=6)</b>								
1	0	19,0 b	197 b	63	76,2 a	30,7	13,7 b	4,0 b
2	11,0	21,1 ab	291 ab	93	75,0 ab	30,4	15,0 a	6,4 a
3	12,5	22,4 a	310 a	99	74,7 ab	29,3	15,1 a	6,8 a
4	14,0	20,9 ab	330 a	105	74,9 ab	30,0	15,1 a	7,3 a
5	15,5	21,0 ab	314 a	100	74,8 ab	30,4	15,3 a	7,0 a
6	17,0	21,2 a	341 a	109	74,4 b	29,4	15,5 a	7,7 a
7	18,5	21,6 a	336 a	107	74,5 ab	29,7	15,7 a	7,7 a
8	20,0	21,9 a	342 a	109	74,9 ab	30,2	15,7 a	7,8 a
	P %	0,001	0,001		0,05	i,s,	<0,001	<0,001
<b>Avling mellom 400–600 kg/daa (n=8)</b>								
1	0	17,5 b	256 d	49	80,9	41,1 b	11,5 d	4,4 f
2	11,0	17,9 ab	462 c	89	81,1	43,1 a	13,3 c	9,1 e
3	12,5	17,9 ab	479 bc	92	80,8	43,3 a	13,4 c	9,5 de
4	14,0	18,1 ab	503 abc	100	81,0	43,3 a	13,6 bc	10,2 cd
5	15,5	18,0 ab	518 ab	100	80,9	43,2 a	14,0 abc	10,7 bc
6	17,0	18,1 ab	543 a	105	80,9	42,5 ab	13,9 abc	11,2 ab
7	18,5	18,2 ab	526 ab	101	80,9	43,1 a	14,3 ab	11,1 ab
8	20,0	18,6 a	545 a	105	80,7	43,0 a	14,5 a	11,6 a
	P %	0,03	<0,001		i,s,	<0,001	<0,001	<0,001
<b>Avling &gt; 600 kg/daa (n=5)</b>								
1	0	15,5	290 d	42	82,2 b	39,1 b	9,8 e	4,1 f
2	11,0	16,0	611 c	89	83,4 a	42,4 a	11,3 d	10,2 e
3	12,5	16,2	645 bc	94	83,6 a	42,8 a	11,6 cd	11,1 de
4	14,0	16,3	665 abc	100	83,5 a	43,3 a	12,0 bed	11,8 cd
5	15,5	16,2	684 ab	100	83,6 a	43,3 a	12,1 bc	12,3 c
6	17,0	16,3	687 ab	101	83,6 a	43,0 a	12,6 ab	12,8 bc
7	18,5	16,5	705 ab	103	83,5 a	43,1 a	12,9 a	13,5 ab
8	20,0	16,7	713 a	104	83,6 a	43,5 a	13,2 a	14,0 a
	P %	i.s.	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

**Tabell 8.** N-effektivitet målt som økningene i avling og N-opptak pr. kg N tilført mellom ulike gjødslingsintervall i forsøkene

N-intervall	Felt med avling < 400 kg/daa		Felt med avling 400-600 kg/daa		Felt med avling > 600 kg/daa	
	kg korn /kg N	kg N-op. /kg N	kg korn /kg N	kg N-op. /kg N	kg korn /kg N	kg N-op. /kg N
0-11 kg N	8,5	0,22	18,7	0,43	29,2	0,55
11-14 kg N	13,0	0,30	13,7	0,37	18,0	0,53
14-17 kg N	3,7	0,13	13,3	0,33	7,3	0,33
17-20 kg N	0,3	0,03	0,7	0,13	8,7	0,40

**Tabell 9.** Forholdene og balansene mellom N-gjødsling og N-opptak i korn (hvh. opptak/gjødsling og gjødsling minus opptak)

N-gjødsling kg N/daa	Felt med avling < 400 kg/daa		Felt med avling 400-600 kg/daa		Felt med avling > 600 kg/daa	
	Forhold	Balanse	Forhold	Balanse	Forhold	Balanse
11,0	0,58	4,6	0,83	1,9	0,93	0,8
12,5	0,54	5,7	0,76	3,0	0,89	1,4
14,0	0,52	6,7	0,73	3,8	0,84	2,2
15,5	0,45	8,5	0,69	4,8	0,79	3,2
17,0	0,45	9,3	0,66	5,8	0,75	4,2
18,5	0,42	10,8	0,60	7,4	0,73	5,0
20,0	0,39	12,2	0,58	8,4	0,70	6,0

Det er også av interesse å se på balansen mellom N-gjødselmengden og den totale N-mengden bortført i avling. I EU har et ekspertpanel på N-gjødsling (Oenema *mfl.* 2015) foreslått at det er risiko for utarming av jorda hvis det føres bort mer enn 90 % av det som blir tilført, mens det er ressursløsning når mindre enn 50 % føres bort. Tabell 9 viser forholdstall mellom bortført og tilført N og balansene mellom tilførte og bortførte N-mengder.

På feltene med lav avling var forholdet mellom bortført og tilført N i nærheten eller lavere enn det som regnes av EU-panelet som minimumsnivået, mens på feltene med høyere avling var forholdstallene innenfor området som regnes som ønskelig. N-overskuddene var store selv ved relativt lav N-gjødsling på feltene med avlingsnivå < 400 kg, mens de ble store først ved relativt sterk gjødsling på feltene med høyere avlingsnivå. Noe overskudd av N-tilførsel kan forsvares for å opprettholde jordas fruktbarhet uten at det medfører økt risiko for negative miljøeffekter.

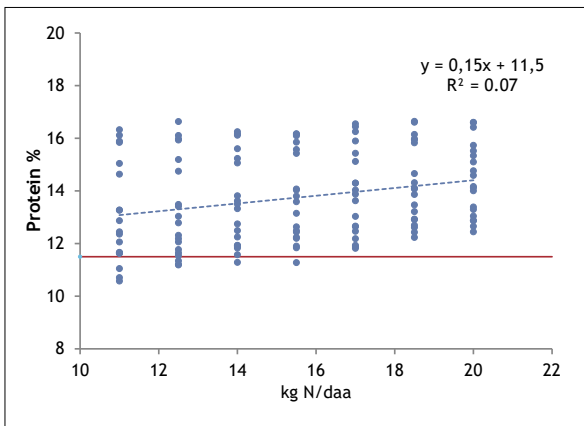
I disse forsøkene var N-opptaket uten gjødsling 4,0-4,4 kg/daa (jfr. tabell 7). Det skjer også en del N-utvasking selv uten bruk av gjødsling. I norske forsøk i system med åpenåker er det funnet 2-4 kg/daa N-tap i dreinsvann uten at det var N-overskudd (se henvisninger i Riley *mfl.* 2011). For å unngå utarming av jordas N-reserver bør slike N-mengder føres tilbake til jorda. Dette kan skje

på flere måter, enten i form av gjødseloverskudd eller ved N-fiksering og N-nedfall fra atmosfæren. N-overskuddene ved de økonomisk optimale gjødselnivåene i disse forsøkene er derfor trolig i nærheten av det som er akseptabelt for å opprettholde jordas fruktbarhet.

Disse resultatene bekrefter tidligere erfaring (Riley *mfl.* 2011) at best utnyttelse av nitrogenet oppnås ved høye avlingsnivå, og gjødsling rundt norm. For å kunne oppå et høyt avlingsnivå, er det mange forhold som må være på plass, inklusive laglige forhold ved jordarbeiding og såing av kornet, god jordstruktur og gunstige forhold for rotvekst, tilstrekkelig kontroll på ugras, skadedyr og sjukdommer, samt nok vann til vekst og utvikling. Dette kan oppsummeres som god agronomi i alle ledd.

### Betong produserer protein

En sammenstilling av proteininnhold mot gjødslingsledd (figur 1) viser at det er svært få observasjoner under den røde streken på 11,5 % protein, kun 8 av 133 målinger. Figuren viser også stor variasjon i proteininnholdet, for samtlige gjødslingsledd. En regresjon av alle observasjoner viser at proteininnholdet kan uttrykkes med ligningen: Protein % = 0,15 \* N-gj. + 11,5, men at R<sup>2</sup>-verdien viser at denne sammenhengen er meget svak (R<sup>2</sup> = 0,07).



**Figur 1.** Sammenheng mellom proteininnhold og gjødslingsnivå for samtlige felt 2021–2023, og inntegnet linear trendlinje som viser sammenhengen mellom protein og N-gjødsling.

## Oppsummering

Resultatene fra tre år med gjødslingsforsøk i Betong vårhvete viser at Betong produserer et høyt proteininnhold, selv ved relativt svak nitrogen gjødsling. Det virker til å være en sort som utnytter N-gjødslingen godt og leverer bra på både avling og proteininnhold. Det har vært svært lite legde i feltene, som bekrefter at Betong er en stråstiv sort.

Ifølge gjødslingsnormen til hvete anbefales det å gjødsle med 12,5 kg N/daa til 500 kg korn og 15 kg N/daa til 650 kg korn/daa. For feltene i Betong var det signifikant avlingsøkning opp til 14,0 – 15,5 kg N/daa for alle tre årene forsøksserien er blitt gjennomført, men ikke signifikante økninger ut over dette.

Nitrogenmengden som skal tilføres bør deles mellom en vårgjødsling og en delgjødsling. Delt gjødsling gir bedre mulighet til å tilpasse gjødslingen til forholdene i sesongen. Gjødsling langt over normbehovet øker differansen mellom tilført og fjernet nitrogen, og dermed risikoen for å tape N til både luft og vann. Sesongen 2023 var et godt eksempel på sesong der delgjødsling var en god strategi. Flere av feltene håndterte forsommeren dårlig, og avlingspotensialet ble betydelig nedjustert sammenlignet med forventningen på våren. Dermed var det mulig å kutte ut delgjødslingen og heller spare gjødsel til neste år på disse feltene.

## Referanser

- Kristoffersen, A.Ø. 2022. Nitrogengjødsling til Betong vårhvete. *Jord- og Plantekultur* 2022. NIBIO BOK 8(2): 114–116.
- Kristoffersen, A.Ø. 2023. Nitrogenbehovet til Betong vårhvete. *Jord- og Plantekultur* 2023. NIBIO BOK 9(1): 131–134.
- Lundby, A.M., Abrahamsen, U., Strand, E. & Russenes, A.L. 2022. Sorter og sortsprøving 2021. *Jord- og Plantekultur* 2022. NIBIO BOK 8(2): 28–65.
- Oenema, O. 2015. Nitrogen use efficiency (NUE) – an indicator for the utilization of nitrogen in agricultural and food systems. *International Fertiliser Society Proceedings* 773, 32 s. (ISBN 978-0-85310-410-0).
- Riley, H. 2016. N-gjødslingsnormer og N-balanse i korn. Foredrag på KORN 2016. 18. febr. 2016.
- Riley, H., Hoel, B.O. & Kristoffersen, A.Ø. 2012. Economic and environmental optimization of nitrogen fertilizer recommendations for cereals in Norway. *Acra Agric. Scand. Section B Soil and Plant Science*, 62: 387–400.