

Udvaskning af kvælstof fra majs

Majedyrkning forbindes ofte med risiko for høj kvælstofudvaskning. Resultater fra danske og udenlandske forsøg viser ikke entydigt, at udvaskningen er større end fra andre afgrøder.

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Den Europæiske Union ved Den Europæiske Fond for Udvikling af Landdistrikter og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri har deltaget i finansieringen af projektet.

- [Konklusioner](#)
- [Størst risiko for høj udvaskning ved majs efter kløvergræs](#)
- [Reduktion af kvælstoftildelingen til majs efter kløvergræs reducerer udvaskningsrisikoen](#)
- [Efterafgrøder reducerer udvaskningsrisikoen, men effekten er varierende](#)
- [Udvaskningsniveauet fra majs er varierende, men ikke nødvendigvis højere end fra andre afgrøder](#)
- [Figurer og tabeller](#)
- [Litteratur](#)

Der er gennemført et studie af både danske og udenlandske artikler og forsøg med det formål at belyse kvælstofudvaskningen ved dyrkning af majs.

Generelt er der i forsøgene målt på udvaskningen efter majs eller udvaskningspotentialet i form af måling af jordens N-min-indhold er bestemt. I de forskellige undersøgelser kan det være vanskeligt at adskille effekten på udvaskningen af majs som afgrøde og af eftervirkning af husdyrgødning og kløvergræs. Majs dyrkes i Nordeuropa ofte til kvægfoder og findes derfor i sædskifter med stor tilførsel af husdyrgødning og ofte med græs eller kløvergræs i sædskiftet.

Konklusioner:

- Der er størst risiko for høj udvaskning fra majs efter kløvergræs.
- Ved at sænke kvælstoftildelingen til majs efter kløvergræs kan udvaskningsrisikoen reduceres uden påvirkning af udbyttet.
- Efterafgrøder reducerer udvaskningsrisikoen, men effekten er varierende.
- Udvaskningsniveauet efter majs er meget varierende, men ikke nødvendigvis højere end fra andre afgrøder.

Den overordnede konklusion på tværs af litteraturstudiet er, at majs ikke nødvendigvis i sig selv betinger en stor udvaskning. Men udvaskningen efter majs kan være stor ved en stor eftervirkning af kvælstof f.eks. ved kløvergræs som forfrugt eller hyppig forekomst af kløvergræs i sædskiftet. Ved de danske kvælstofnormer skal landmanden indregne en forfrugtsvirkning på 85-90 kg pr. ha ved majs efter kløvergræs. Dette er med til at forebygge en stor udvaskning ved majs efter kløvergræs.

Det konkluderes også, at der er effekt af efterafgrøder i majs, men at effekten er varierende. Specielt ved majs efter kløvergræs kan veletablerede efterafgrøder reducere udvaskningen af kvælstof uden at udbyttet i majs reduceres.

[Til top](#)

Størst risiko for høj udvaskning ved majs efter kløvergræs

I flere sammenhænge er der under danske forhold blevet observeret, at høj udvaskning efter majs især er forbundet med dyrkning af græs eller kløvergræs før majsdyrkingen. Dette er en af konklusionerne fra en gennemgang af data vedrørende majsdyrking i de såkaldte Landovervågningsoplande (LOOP) fra 1990-2008 (Vinther et al. 2010).

Af gennemgangen af data konkluderes, at de højeste udvaskninger ses i forbindelse med nogle meget høje gødningstilførsler tilbage i tiden, kombineret med, at der har været dyrket græs 1-2 år tidligere. Også i et nyere forsøg beskrevet af Kristensen et al. (2012) er blevet målt væsentligt højere udvaskning fra majs med forfrugt kløvergræs end fra majs med forfrugt majs.

I gennemsnit af en række forskellige forsøg har udvaskningen af kvælstof været 98 kg N pr. ha ved forfrugten kløvergræs, mens udvaskningen har været ca. halvt så stor, i gennemsnit 52 kg N pr. ha, når forfrugten har været majs (se tabel 2) (Kristensen et al. 2012).

Af udenlandske undersøgelser, som belyser problemstillingen, kan nævnes en hollandsk undersøgelse af Verloop et al. (2006). I undersøgelsen er blevet målt og modelleret koncentrationer af nitrat i grundvandet ved forskellige faser af sædskifter bestående af hhv. kun majs, kun græs eller majs og græs.

En af konklusionerne fra arbejdet er, at forekomst af høje koncentrationer umiddelbart efter majs er forbundet med, at der har været dyrket græs 3-4 år før målingen. Forfatterne mener, at det viser, at der forekommer en forsinket "græs-effekt", som kan forveksles med en "majs-effekt", når grundvandskoncentrationen umiddelbart efter majs kobles til majsdyrkingen.

I et amerikansk forsøg, hvor kontinuert dyrkning af majs blev sammenlignet med dyrkning af majs efter lucerne blev det fundet, at udvaskningen af nitrat-N var omkring halvanden gang så høj ved måling efter lucerne-majs-majs end efter majs-majs-majs (Andraski et al. 2000).

Et andet forsøg fra USA, hvor formålet var at undersøge nitratudvaskningen fra majs ved forskellige kvælstofniveauer, hhv. 1., 2. og 3. år efter en forfrugt af lucerne/eng-rottehal, kunne konkludere, at effekten af N-tildelingen i det første år blev overskygget af effekten af forfrugten (Sogbedji et al. 2000).

Både græs, kløvergræs og lucerne kan, som beskrevet i de nævnte forsøg, have store eftervirkninger. Men hvor eftervirkningen af kløvergræs og lucerne er knyttet til bl.a. afgrødernes kvælstoffikserende egenskaber, så er eftervirkningen af græs knyttet til et stort indhold af organisk opbygget over flere år især i afgræsningsmarker og andre græsmarker med stor kvælstoftilførsel. Slætgræsmarker med af kortere varighed og ofte kun med tilførsel af handelsgødning oftest forholdsvis lave eftervirkninger. Udvaskningsrisikoen for majs efter slætgræs anses derfor for at være lavere end efter kløvergræs og afgræsningsgræs.

[Til top](#)

Reduktion af kvælstoftildelingen til majs efter kløvergræs reducerer udvaskningsrisikoen

Generelt viser diverse undersøgelser en faldende udvaskning som følge af reduktion i kvælstoftildelingen (Wachendorf et al. 2006., Kayser et al.

2011, Kalmage et al. 2010, Bobe et al. 2004, Kristensen et al. 2012), men spørgsmålet er, hvor meget tildelingen af kvælstof kan reduceres uden påvirkning af majsudbyttet.

Ifølge et tysk forsøg af Kalmage et al. (2010) kan det godt lade sig gøre at sænke kvælstoftildelingen til majs efter kløvergræs uden at udbyttet af majs reduceres signifikant. I forsøget blev der tildelt 23 kg N til majs efter kløvergræs (0 kg N pr. ha) og 180 kg N pr. ha til majs efter græs (280-360 kg N pr. ha). Udvaskningen fra majs var væsentligt lavere ved tilførslen af 23 kg pr. ha end ved 180 kg N pr. ha, mens udbyttet af majs ikke var signifikant forskellige for de to forskellige gødningstilførsler (se figur 1).

Også i danske forsøg med majs efter kløvergræs er der blevet observeret ikke-signifikant-forskellige udbytter ved at reducere tilførslen fra 140 kg N pr. ha til 20 kg N pr. ha (kun startgødning), der var dog en tendens til en anelse lavere udbytter (Pedersen 2010).

En undersøgelse af N-min i 78 majsforsøg og 20 slætgræsforsøg i Holland tyder på, at kvælstoftildelingen har en mindre direkte effekt på udvaskningsrisikoen i majs end i græs, idet en analyse på tværs af forsøgene viste, at kvælstoftildelingen kunne forklare 51 pct. af variationen i N-min i græsforsøgene, men kun 34 pct. i majsforsøgene (Berge et al. 2007). Schiermann (2005) har undersøgt N-min-resultater fra 1017 majsmarker i Tyskland, og en analyse på tværs af alle markerne kunne der ikke ses nogen effekt af kvælstoftildelingen på jordens N-min-indhold.

Der blev heller ikke fundet effekt af hverken meteorologiske data eller dyretæthed, mens der inden for enkelte underkategorier af marker var tendenser til positive effekter af f.eks. efterafgrøder.

[Til top](#)

Efterafgrøder reducerer udvaskningsrisikoen, men effekten er varierende

I en del forskellige undersøgelser har efterafgrøder i majs været i stand til at reducere udvaskningen af kvælstof (bl.a. Wachendorf et al. 2006, Köhler et al. 2006, Hansen og Eriksen 2009, Kristensen et al. 2012). Hvor stor eller hvor sikker reduktionen er, synes dog at være meget forskelligt.

I det danske forsøg beskrevet af Hansen og Eriksen (2009) blev målt udvaskning fra majs med kløvergræs som forfrugt, og med og uden alm. rajgræs som efterafgrøde. Der indgik både gødede (135 kg total-N, inkl. kvæggylle) og ugødede behandlinger. I begge tilfælde var udvaskningen lavere med efterafgrøder. Udvaskningen var dog ikke signifikant lavere, hvilket sandsynligvis skyldtes en dårlig udvikling af efterafgrøderne. Heller ikke udbytterne blev signifikant påvirket af tilstedeværelsen af en efterafgrøde (tabel 3). Nyere danske forsøg (Kristensen et al. 2012) har vist store effekter af efterafgrøder på især JB1, mens effekterne har været lavere og noget mere usikre på JB4.

På JB1 blev der målt effekter på udvaskningen varierende fra 5 og helt op til 113 kg N pr. ha, men med et gennemsnit af en række forskellige forsøg på 45 kg N pr. ha. På JB4 blev den maksimale effekt målt til 42 kg N pr. ha, mens der i flere andre tilfælde ikke kunne måles nogen positiv effekt af efterafgrøderne (tabel 2). I en undersøgelse af drænvand fra danske marker blev der i sæsonen 2011/12 målt gennemsnitligt 12,1 mg N pr. liter i drænvand fra marker med majs uden efterafgrøder (7 marker) og 7,2 mg N pr. liter for majs med efterafgrøder (4 marker) (Lemming og Knudsen 2012).

I et forsøg i Nordtyskland (Wachendorf et al. 2006) blev målt signifikante effekter af eftergrøder (alm. rajgræs sået ved 3-4 bladstadiet i majs) på både jordens N-min-indhold og udvaskningen af nitrat. I gennemsnit af forskellige behandlinger var effekten 5 kg N pr. ha på N-min-indholdet og 6,4 kg N pr. ha på udvaskningen, og der var således ikke tale om meget store reduktioner. Årsagen til dette kan være, at udvaskningsniveauerne generelt lå meget lavt i de pågældende forsøg.

I en behandling, hvor der blev tildelt 40 tons gylle og 50 kg N blev udvaskningen mindsket fra ca. 11 til ca. 7 kg N pr. ha (figur 2), dvs. der er tale om udvaskningsniveauer væsentligt lavere end de 87 kg N pr. ha, der modelberegnet for danske sandjordsoplunde i LOOP (Grant et al. 2011).

I et andet nordtysk forsøg (Köhler et al. 2006) blev sammenlignet et majssædskifte uden efterafgrøder (majs-majs-rug-rug) med et majs-efterafgrøde-sædskifte (majs/efterafgrøde-majs/efterafgrøde-vårbyg-rug/sennep). Forfatterne konkluderer ud fra forsøgene, at efterafgrøderne var i stand til at give en væsentlig reduktion af jordens N-min-indhold, men at det var svært at se en effekt på udvaskningen.

I et forsøg i Belgien (Vliegheer et al. 2009) blev undersøgt effekten på jordens nitratindhold af en efterafgrøde (italiensk rajgræs) i to forskellige sorter af majs (tidlig og sen sort) og ved tre forskellige såtidspunkter af efterafgrøden (2-4 og 6-8-bladstadiet samt efter høst). I ingen af tilfældene blev der fundet en signifikant effekt af eftergrøden, men for den sene majssort var der tendens til en lille effekt, når efterafgrøden blev udsået før høst.

[Til top](#)

Udvaskningsniveauet fra majs er varierende, men ikke nødvendigvis højere end fra andre afgrøder

Hvordan udvaskningsniveauet fra majs ligger i forhold til andre afgrøder, eller om det nuværende praksis for majsdyrkning er kritisk i forhold til udvaskning, er svært at konkludere på, da forskellige forsøg kan være lavet under meget forskellige forhold. Konklusioner fra forskellige artikler peger da også i forskellige retninger.

Undersøgelser der indikerer, at udvaskningen fra majs ikke er bekymrende høj:

På baggrund af et langvarigt forsøg (19 år) i Flandern i Belgien konkluderer Nevens og Reheul (2005), at tilførsel af 180 kg N i kvæggylle og 90 kg N i handelsgødning i gennemsnit over årene var den økonomisk optimale gødsning til silomajs, som samtidig ikke gav anledning til en overskridelse af N-min-grænsen i Flandern på 90 kg N pr. ha. Wachendorf et al. 2006 konkluderer, at dyrkning af silomajs ved nuværende praksis i Nordtyskland (34 m³ gylle før såning og 53 kg N i handelsgødning ved såning) kan give lige så lave nitratudvaskningstab som dyrkning af slætgræs, selv uden efterafgrøder i majs.

Kalmage et al. (2010) konkluderer, at der kan opnås et forholdsvist lavt udvaskningsniveau fra majs efter kløvergræs, hvis kvælstoftildelingen sænkes. Verloop et al. (2006) har målt lavere koncentrationer i grundvandet (i dybden 1-3 m under jordoverfladen) efter fire års dyrkning af majs end efter fire års dyrkning af græs. Årsagen til dette kan dog være fhv. høje N-tilførsler til græs (i gennemsnit 383 kg N fra græsning, husdyrgødning og handelsgødning) mod nogle fhv. lave tilførsler til majs (41-128 kg N i husdyrgødning).

Vinther et al. (2010) konkluderer, at der ikke synes at udvaskes væsentligt mere fra majs end fra sammenlignelige afgrøder som helsæd, og at der er en tendens til at udvaskningen falder ved kontinuert dyrkning af majs. Som gennemsnit af alle 41 observationer med majsdyrkning i gennemgangen af Vinther et al. (2010) fås en udvaskning på 109 kg N pr. ha. Men udelader man de tidligste observationer (før 2000) og observationer, hvor majs dyrkes efter græs, fås en gennemsnitsudvaskning på omkring 75 kg N pr. ha af de tilbageværende 22 observationer med majsdyrkning. Et eksempel er vist i figur 3.

I en undersøgelse af N-min-indholdet, hvor der blev målt N-min i 20 danske marker efter majshelsæd i 2007 blev der ikke fundet højere N-min-indhold, end hvad der ville forventes efter korn (Østergaard og Knudsen, 2008).

Undersøgelser der peger på en højere udvaskningsrisiko fra majs end andre afgrøder:

Der er også litteraturopgivelser, der tyder på, at udvaskningen fra majs kan være stor. I et 2-årigt forsøg med det formål at sammenligne udvaskningsrisikoen fra italiensk rajgræs med udvaskningsrisikoen fra majs, kunne Deprez et al. (2004) vise, at der var meget mere nitrat i jordprofilen efter majs (i gns. 79 kg nitrat-N pr. ha) end efter italiensk rajgræs (i gns. 7 kg nitrat-N).

Et forsøg fra New Zealand har sammenlignet jordens nitratinhold og nitratudvaskning ved dyrkning af majs med sædskifter med byg og kål (Beare et al. 2010). Før forsøgets start var dyrket lucerne på arealet. Forsøget viste at jordens indhold af nitrat (i 5 dybder indtil 1,5 meter) var væsentligt større efter majs end efter byg og kål (se figur 4).

Også nitratudvaskningen i både 0,6 meter og 1,5 meter var større for majs. I 1,5 meter blev den gennemsnitlige nitratudvaskning for majs, byg og kål målt til hhv. 53, 23 og 31 kg N pr. ha. Også relativt i forhold til den producerede mængde tørstof havde sædskiftet med majs den største udvaskning (se figur 4).

I det nordtyske forsøg af Kayser et al. 2011 blev fundet ret høje værdier af både N-min og kvælstofudvaskning i forbindelse med majsdyrkning. Tilførsel af 160 kg N i kvæggylle gav som gennemsnit over 4 år N-min indhold på omkring 150 kg N pr. ha og en kvælstofudvaskning på 103 kg N pr. ha. Men også N input på 0 kg pr. ha gav fhv. høje værdier med næsten samme N-min indhold og udvaskning varierende mellem 78-98 kg N pr. ha.

I endnu et nordtysk forsøg (Bobe et al. 2004) er undersøgt sædskiftet Kløvergræs-Majs-Triticale, og her blev målt de højeste koncentrationer i udvaskningsvandet efter majs. Også i en undersøgelse af drænvand fra danske marker blev der målt den gennemsnitligt højeste koncentration af kvælstof i drænvand fra arealer med majs sammenlignet arealer med andre afgrøder (Lemming og Knudsen 2012).

Udvalgte udvaskningsniveauer/N-min-niveauer fra de omtalte forsøg er samlet i tabel 1.

[Til top](#)

Figurer og tabeller:

Tabel 1. N-min, N-udvaskning eller N-koncentration for udvalgte scenarier i de omtalte

	N-min kg N pr. ha	N-udvaskning kg N pr. ha	N-konc mg N pr. liter	System og N-input
Nevens og Reheul (2005)	< 90			Majs efter majs, 180 kg N i kvæggylle + 90 kg N i handelsgødning
Wachendorff et al. (2006)	48	11		Majs efter majs, 40 m ³ kvæggylle og 50 kg N i handelsgødning.
Kalmlage et al. (2010)		50		Majs efter kløvergræs, 23 kg N i handelsgødning.
Verloop et al. (2006)			10 (grundvand)	Majs efter majs, 90-177 kg N (husdyrgødning + deposition)
Vinter et al. (2010)		75		Data efter 2000, ikke majs efter græs
Deprez et al. (2004)	70			ca. 250 kg N pr. ha
Köhler et al. (2006)	<15	<40		Majs med efterafgrøder, 180 kg N pr. ha.
Beare et al. (2010)		53		Majs med hvide sået efterfølgende (NZ), 211 kg N til majs
Kayser et al. (2011)	150	103	10 (udv.-vand)	Majs efter majs, 160 kg N i kvæggylle
Bobe et al. (2004)			>16 (udv.-vand)	Majs efter kløvergræs, 75-175 kg N pr. ha.

artikler.

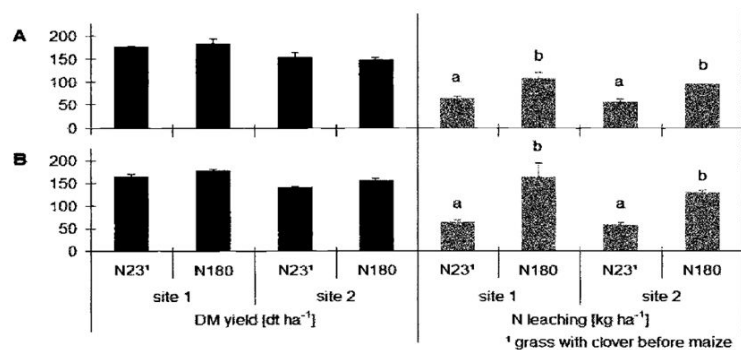
Tabel 2. Udvaskning målt i sugeceller efter majs med forfrugt kløvergræs, majs og korn. Samt udvaskning i 2010 efter vårbyg med alm. rajgræs. Fra Kristensen et al. 2012.

Majs	N-niveau ¹⁾	Efterafgrøde	Kg kvælstof pr. ha					
			JB 1			JB 4		
			Forfrugt					
			Kløvergræs (slæt)	Majs	Korn ²⁾	Kløvergræs (afg. 2009/slæt 2010)	Majs	Korn ²⁾
2009. 5 forsøg								
1.	½	Ingen	93	66		76	33	62
2.	1	Ingen	128	65				52
3.	1½	Ingen	135	102			88	75
4.	½	Rødsvingel	72	33		51	14	23
5.	1	Rødsvingel	123	60				
6.	1½	Rødsvingel	31	44		98	33	67
7.	½	Alm. rajgræs ³⁾	47	24				
8.	1	Alm. rajgræs ³⁾	43	29				
9.	1½	Alm. rajgræs ³⁾	57	36				
2010. 6 forsøg								
1.	½	Ingen	75	43	12	103	51	49
2.	1	Ingen				134	56	
3.	1½	Ingen	245	74	87	133	88	92
4.	½	Rødsvingel	65	34	20	106	61	52
5.	1	Rødsvingel				117	48	
6.	1½	Rødsvingel	132	64	81	180	93	122
7.	½	Alm. rajgræs				97	44	
8.	1	Alm. rajgræs				96	50	
9.	1½	Alm. rajgræs				125	81	
Vårbyg	1	Alm. rajgræs	35	14	34	39	49	40

¹⁾Kvælstofgødskning i forhold til NaturErhvervstyrelsens kvælstofnormer til majs.

²⁾Ikke husdyrgødet sædskifte.

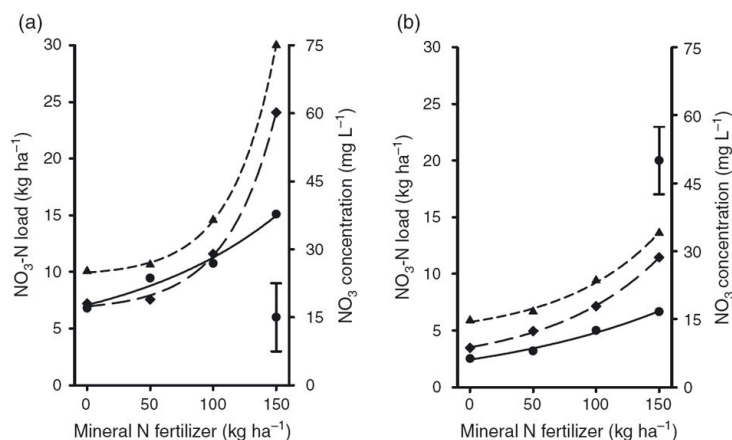
³⁾Udvaskning justeret op med 12 kg N/ha, idet måling er startet to måneder efter vandmætning.



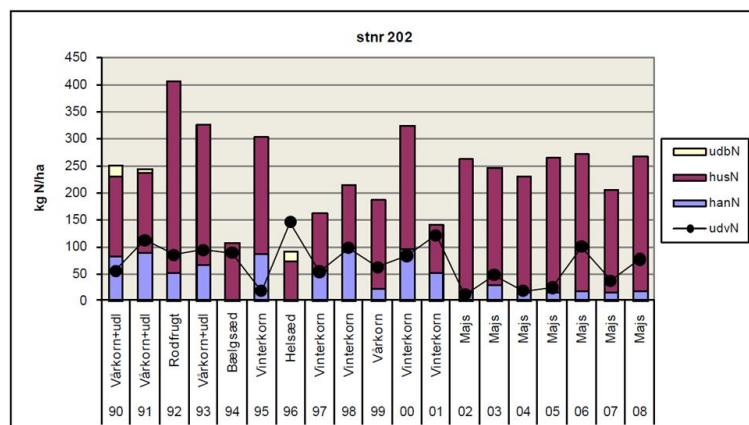
Figur 1. Tørstofudbytte af majs (til venstre) og udvaskning (oktober til april) fra majs (til højre) dyrket i første år efter enten græsblanding A (øverst) eller græsblanding B (nederst). Begge blandinger er afprøvet både med og uden kløver. Når der har været kløver i græsset, har der været tildelt 23 kg N til den efterfølgende majsafgrøde (N23). Når der ikke har været kløver i græsset er der tildelt 180 kg N til den efterfølgende majsafgrøde (N180). Fra Kalmlage et al. 2010.

Tablet 3. Udvaskning fra 1. april 2008 til 30. marts 2009, udbytter og N-optag. Afstrømningen har været 562 mm. ¹Alm. rajgræs som efterafgrøde (12 kg/ha frø). ²Italiensk rajgræs som efterafgrøde (25 kg/ha frø). Udbytter og N-optag inkluderer græsslæt. Fra Hansen og Eriksen (2009).

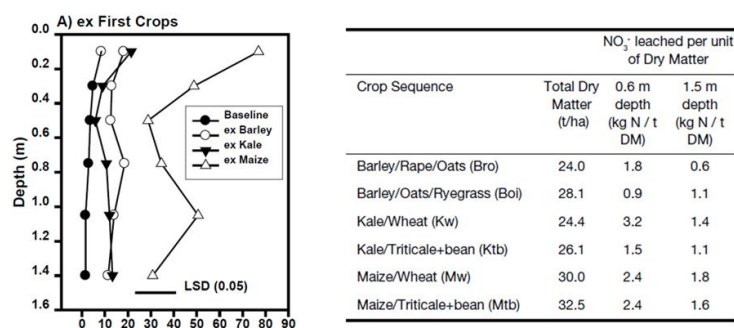
Treatment	Leaching N kg/ha	Yield dm kg/ha	N uptake kg/ha
Unfertilized maize	86 b	13,157 b	141 b
Unfertilized maize with a catch crop ¹	74 b	12,888 b	136 bc
Fertilized maize	136 a	15,976 a	181 a
Fertilized maize with a catch crop ¹	115 a	15,379 a	173 a
Unfertilized green barley with a catch crop ²	27 c	5,884 c	127 c
LSD.95	-	741	11



Figur 2. Udvaskede nitrat-N mængder (kg pr. ha) og nitrat-koncentration (mg pr. l) i udvaskningsvandet under silomajs dyrket med (a) og uden (b) efterafgrøde af alm. rajgræs. De lodrette linjer indikerer den fælles standardafvigelse for gennemsnittene i hvert plot. Regressionslinjerne er blevet tilpasset separat for hvert gylleniveau (●—= 0 m³ gylle, ◆---= 20 m³ gylle, ▲····=40 m³ pr. ha). Fra Wachendorf et al. 2006.



Figur 3. Kvælstofudvaskning (kg N pr. ha) og kvælstoftilførsler på station 202 (primært JB 2) i LOOP (Landovervågningsoplande, DMU). Fra 2002 er der kontinuert dyrket majs på arealet med tilførsler på ca. 250 kg N pr. ha pr. år. Fra Vinter et al. (2010).



Nitrate concentration ($\mu\text{g/g}$ soil)

Figur 4. Til venstre: nitratkoncentrationen i jordprofilen efter høst af hhv. byg, kål og majs. Til højre: tørstofudbytter og den udvaskede mængde nitrat pr. produceret ton tørstof i 6 forskellige afgrødesekvenser. Fra Beare et al. 2010.

[Til top](#)

Litteratur:

Andraski, T.W., Bundy, L.G., Brye, K.R. (2000): Crop management and corn nitrogen rate effects on nitrogen leaching. *Journal of environmental Quality* 29: 1095-1103.

Beare, M.H., Tabley, F., Gillespie, R., Maley, S., Harrison-Kirk, T., De Ruiter, J. (2010): Nitrate leaching from high production forage crop sequences. NZ grassland association.

Berge, H. F. M. ten Burgers, S. L. G. E. Meer, H. G. van der Schroder, J. J. Schoot, J. R. van der Dijk, W. van (2007): Residual inorganic nitrogen in grass and maize on sandy soil. *Environmental pollution*, 145: 22-30.

Bobe, J., Wachendorf, M., Büchter, M., and Taube, F. (2004): Nitrate leaching losses under a forage crop rotation. *Grassland Science in Europe* Vol. 9.

Deprez, B. Knoden, D. Blander, H. de Lambert, R. Decamps, C. Peeters, A. (2004): Comparison between the risk of nitrogen leaching from temporary cut grassland and maize. Controlling nitrogen flows and losses. 12th Nitrogen Workshop, University of Exeter, UK, 21-24 September 2003, s. 425-427.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. og Thorling, L. (2011): Landovervågningsoplande 2010. NOVANA. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 3, Aarhus Universitet. <http://www2.dmu.dk/pub/sr3.pdf>

Hansen, E.M. og Eriksen, J. (2009): Nitrate leaching from silage maize. ICROFS news 4/2009. https://pure.au.dk/portal/files/2933505/Fuldtekst_artikel

Kalmage, T, Hayser, M., og Isselstein, J. (2010): Silage maize in crop rotations with different grass mixtures – N balance and N leaching. *Grassland Science in Europe*, vol. 15.

Kayser, M., Benke, M. og Isselstein, J. (2011): Little fertilizer response but high N loss risk of maize on a productive organic-sandy soil. *Agron. Sustain. Dev.* 31: 709-718.

Kristensen, I.S., Jørgensen, U. og Hansen, E.M. (2012): Kan kvælstofudvaskning fra majsdyrkning reduceres? Sammendrag af indlæg fra Plantekongres 2012. https://www.landbruksinfo.dk/Planteavl/Plantekongres/Sider/pl_plk_2012_resume_B4-1_Ib_Sillebak_Kristensen.pdf?download=true

Köhler, K, Duynisveld, WHM, Böttcher, J (2006): Nitrogen fertilization and nitrate leaching into groundwater on arable sandy soils. *J Plant Nutr Soil Sci* 169:185-195

Lemming, C. og Knudsen, L. (2012): Drænvandsundersøgelsen 2011/12 – Resultater. Juli 2012. Videncentret for Landbrug, Planteproduktion. http://www.landbruksinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Kvaelstof-N/Kvaelstofudvaskning/Filer/pl_po_12_119_rapport.pdf

Neuens F. og Reheul D (2005) Agronomical and environmental evaluation of a long-term experiment with cattle slurry and supplemental inorganic N applications in silage maize. Eur J Agron 22:349–361.

Pedersen, J.B. (red.) (2010): Oversigt over Landsforsøgene 2010. Videncentret for Landbrug, Planteproduktion. S. 383.

Schiermann T. (2004) Untersuchungen zur Variabilität und Kausalität des potentiellen Nitrataustrages beim Anbau von Zea mays in Deutschland. Ph.D. thesis, Georg-August-University Göttingen. Available at: <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2005/schiermann/schiermann.pdf> .

Sogbedji, J.M., van Es, H.M., Yang, C.L., Geohring, L.D., Magdoff, F.R. (2000): Nitrate leaching and nitrogen budget as affected by maize nitrogen rate and soil type. J Environ Qual 29:1813–1820

Verloop, J., Boumans, L.J.M., van Keulen, H., Oenema, J., Hilhorst, G.J., Aarts, H.F.M og Sebek, L.B.J. (2006): Nutrient cycling in agroecosystems, 74:59-74.

Vinther, F.P. et al. (2010): Vedrørende udvaskning fra majs. Notat til Plantedirektoratet fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. 29-09-2010. <https://pure.au.dk/portal/files/43910733/758179.pdf>

Vliegheer, A., de Latre, J. og Carlier, L. (2009): Lolium multiflorum as a catch crop in maize. Grassland Science in Europe, vol. 14. Alternative functions of grassland. Proceedings of the 15th European Grassland Federation Symposium, Brno, Czech Republic, 7-9 September 2009; 2009. 83-86.

Wachendorf M, Büchter M, Volkert KC, Bobe J, Rave G, Loges R, Taube F (2006b) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. V. Impact of grass understorey, slurry application and mineral N fertilizer on nitrate leaching under maize for silage. Grass Forage Sci 61:243–252

Østergaard, H.S. og Knudsen, L. (2008): Udvaskningspotentiale ved dyrkning af silomajs, Planteavl/orientering, Nr. 07-601, Landscentret Planteproduktion. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Kvaelstof-N/Kvaelstofudvaskning/Sider/Udvaskningspotentiale_ved_dyrkning_af_si.aspx

[Til top](#)