

Wie die Rispenhirse auf Stickstoff reagiert

Samuel Knapp, Rosalie Aebi und Jürg Hiltbrunner

Agroscope, Institut für Pflanzenbauwissenschaften IPB, 8046 Zürich, Schweiz

Auskünfte: Jürg Hiltbrunner, E-Mail: juerg.hiltbrunner@agroscope.admin.ch



Abb. 1 | Die Rispenhirse eignet sich sowohl für die menschliche Ernährung als auch als Tierfutter. Zudem ist ihr Anbau fruchtfolge-technisch attraktiv. (Foto: Rosalie Aebi, Agroscope)

Rispenhirse ist zu einer interessanten Nischenkultur im Biolandbau geworden. Doch fundierte Empfehlungen zum Anbau sind selten. In mehrjährigen Versuchen unter biologischen Bedingungen wurde die Wirkung der Stickstoffdüngung auf den Ertrag und die Gehalte im Stroh und Korn untersucht. Das wirtschaftliche Optimum lag bei einer Düngung mit Biorga-Stickstoff bei rund 23 kg Stickstoff pro Hektare. Wird ein günstigerer Dünger verwendet, so ist eine etwas höhere N-Menge optimal. Hirsestroh weist im Vergleich zu Sommerweizenstroh rund dreimal so viel Stickstoff, Phosphor und Magnesium sowie viermal so viel Kalium auf.

Flurnamen (z.B. Hirsländen) und Bräuche zeugen vom einstigen Hirseanbau in der Schweiz. Doch leider ist heute nur noch wenig Erfahrung und Wissen über den Anbau von Hirse vorhanden. Der Bedarf an Hirse in der Schweiz wird grösstenteils über den Import gedeckt, und der schwache Grenzschutz führt zu einem sehr geringen Inlandanbau. Dabei ist Hirse ernährungsphysiologisch

wertvoll und wäre fruchtfolge-technisch attraktiv. Hirse überträgt keine Fusskrankheiten, was besonders bei getreidelastigen Fruchtfolgen von Vorteil ist (Abb. 1). Als C4-Pflanze ist die Rispenhirse auch in der Lage, mit wenig Wasser auszukommen, und besitzt das Potenzial, bestens an die vorausgesagten häufiger auftretenden trockenen und heissen Sommer angepasst zu sein (Fuhrer und Jasper 2009). Aufgrund der kurzen Vegetationsdauer von rund 100 Tagen kann beispielsweise auch nach einem Kunstwiesenschnitt im Frühjahr Hirse noch ausgesät werden und problemlos abreifen. Hirse eignet sich sowohl für die menschliche Ernährung als auch zu Futterzwecken (Humphrys 2005). Sie ist ernährungsphysiologisch attraktiv, da sie reich an Mineralstoffen ist, einen hohen Gehalt an Kieselsäure hat und kein Gluten enthält. Hirse kann somit ein interessantes Getreide für Personen sein, die an Zöliakie leiden. Als Futter eignen sich sowohl die Körner als auch das Stroh. Die Körner haben ähnliche Energie- und Proteingehalte wie Gerste.

Nach der Abklärung der Sortenfrage in vorgängigen Versuchen wurden in einer nachfolgenden Phase anbautechnische Themen bearbeitet. Nachfolgend werden Ergebnisse zur Wirkung der Stickstoffdüngung auf den Kornertrag sowie die Gehalte im Korn und Stroh präsentiert.

Versuchsanlage

Da Hirse in der Schweiz momentan ausschliesslich unter Bio-Bedingungen angebaut wird, wurden die Versuche auf zertifizierten Knospe-Betrieben in Dietikon (2010), Sulzbach (2011), Seebach (2012) und Schlieren (2012) durchgeführt. Die Saattiefe betrug 500 keimfähige Körner/m² bei einer Parzellengrösse von 25 m². Die Unkrautkontrolle wurde betriebsüblich durchgeführt (meistens zwei Durchgänge, mit Hackgerät beziehungsweise Striegeln, im 3- bis 4- respektive 6- bis 8-Blattstadium).

Die Versuche wurden als zweifaktorielle, randomisierte komplette Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Erster Faktor: zwei russische Sorten Quartett und Krupnoskoroje, die in der Schweiz seit 2006 durch die Sativa-Genossenschaft (Rheinau) vermehrt und in der Vertragsproduktion mit der Biofarm-Genossenschaft (Klein-

dietwil) empfohlen werden. Zweiter Faktor: Stickstoffdüngung in fünf Stufen (0, 30, 60, 90 und 120 kg N/ha). Zur Saat und im 3- bis 4-Blattstadium wurde je die Hälfte der entsprechenden N-Menge in Form von Biorga-Quick 12 % (Hauert HBG Dünger AG, Grossaffoltern) gedüngt.

Vor der Saat (Mischprobe über die gesamte Versuchsfläche) und nach der Ernte (Mischprobe pro Verfahren) wurde der N_{min}-Gehalt in der Tiefe von 0–90 cm bestimmt. Nebst dem Korn- und Strohertrag und dem Wassergehalt zum Zeitpunkt der Reife wurde auch der Nährstoffgehalt (nasschemisch: Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium) untersucht.

Analog zum Vorgehen der Erarbeitung der Grundlagen für die Düngung der Ackerkulturen (Richner *et al.* 2010) wurden für die Ermittlung der Produktionsfunktionen und der ökonomisch optimalen N-Düngung verschiedene Funktionen (Bélanger *et al.* 2000) berechnet und anhand visueller und statistischer Beurteilung selektiert. Zur Berechnung des ökonomischen Optimums wurden folgende Preise verwendet: 2 CHF/kg N für konventionellen Stickstoffdünger, 8 CHF/kg N für Biorga-Dünger, 170 CHF/dt Hirse (Produzentenpreis Biofarm-Genossenschaft, Kleindietwil).

Wirtschaftlichkeit der N-Düngung

Zwischen den verschiedenen Versuchen wurden grosse Unterschiede festgestellt ($P < 0,001$). Die durchschnittlichen Kornerträge schwankten zwischen 11,0 (Schlieren 2012) und 39,9 dt/ha (Seebach 2012; Tab. 1). Mit Ausnahme des Versuchs in Schlieren zeigten alle Versuche eine mittlere Versuchsqualität (Variationskoeffizient zwischen 7,3 und 12,3 %). An den Standorten Dietikon und Schlieren war der Feldaufgang der Hirse suboptimal und der Unkrautdruck im Vergleich zu den Versuchen in Sulzbach und Seebach höher. Die Sorte Quartett erzielte mit 25,9 dt/ha einen höheren Ertrag als die Sorte Krupnoskoroje mit 23,4 dt/ha ($P < 0,001$). Beide Sorten reagierten aber in ähnlicher Weise auf die Stickstoff-

Düngung. Obwohl auf Standortstufe mit der Varianzanalyse kein signifikanter Düngungseffekte eruiert werden konnte, wurde dieser in der Gesamtauswertung signifikant ($P < 0,05$).

Mit den vorliegenden Daten eignet sich die quadratische Produktionsfunktion am besten, um die Ertragswirkung der unterschiedlichen Stickstoff-Düngung zu erklären (Abb. 2). Lediglich für den Versuch in Sulzbach konnte keine Produktionsfunktion abgeleitet werden (Tab. 1). Der Maximalertrag beträgt 25,5 dt/ha bei einer Düngung von 92,6 kg N/ha. Höhere Stickstoffgaben führen zu Ertragsdepressionen. Diese Ergebnisse bestätigen die von Hoffmann-Bahnsen (2003) gemachten Beobachtungen in ähnlichen Versuchen in Norddeutschland.

Bei einem Düngerpreis von 2 CHF/kg N liegt die ökonomisch optimale N-Düngung mit 75,8 kg N/ha knapp unter dem Maximum und bei einem Düngerpreis von 8 CHF/kg (Biorga) bei nur noch 25,2 kg N/ha. Dabei würde dann ein Ertrag von knapp 24 dt/ha erzielt werden. Wird für jeden einzelnen Versuch eine Produktionsfunktion angepasst, unterscheidet sich die optimale N-Düngung bei 2 CHF/kg trotz der unterschiedlichen Ertragsniveaus kaum (Tab. 1). Lediglich bei 8 CHF/kg N unterscheidet sich die ökonomisch optimale N-Düngung deutlich zwischen den Versuchen.

Aus dem Vergleich von Biorga mit dem synthetischen Stickstoffdünger wird erkennbar, dass der Düngerpreis einen starken Einfluss auf die ökonomisch optimale N-Düngung hat. Abbildung 3 zeigt, wie sich bei der gegebenen Produktionsfunktion Änderungen des Düngerpreises und des Produzentenpreises von Hirse auf die ökonomisch optimale N-Düngung auswirken. Berechnungen eines Richtpreises von hofeigenem Dünger (Stallmist, Vollgülle, Vor- und Zwischenfrucht) sind sehr komplex. In der Literatur sind Werte zwischen 4 bis 7 CHF/kg N zu finden (Klöble 2009). Dies würde bei der gegebenen Produktionsfunktion eine ökonomisch optimale Düngung von 60 beziehungsweise 35 kg N/ha bedeuten (Abb. 3). >

Tab. 1 | Übersicht der Rispenhirse-N-Steigerungsversuche (2010–2012): N_{min}-Gehalt im Boden (kg N/ha) vor der Saat sowie mittlerer Kornertrag (dt/ha mit 14 % H₂O). «N (Ertrag) Maximum» bzw. «N (Ertrag) Optimum» sind die aus den Produktionsfunktionen ermittelten Werte der N-Düngung (kg N/ha) und der dabei erzielte Ertrag in Klammern (dt/ha). Angabe des ökonomischen Optimums bei einem Düngerpreis von 2 bzw. 8 CHF/kg N

Standort	Jahr	N _{min} vor Saat (kg N/ha)	Ø-Ertrag (dt/ha)	V.K. ¹ (%)	N (Ertrag) Maximum	N (Ertrag) Optimum (2 CHF/kg N)	N (Ertrag) Optimum (8 CHF/kg N)
Dietikon	2010	36,7	18,9	12,3	81,8 (18,4)	63,4 (18,3)	8,1 (16,7)
Sulzbach ²	2011	61,8	28,3	12,3			
Seebach	2012	148,6	39,9	7,3	85,1 (39,9)	70,5 (39,8)	26,8 (38,5)
Schlieren	2012	80,9	11	56,9	74,8 (12,2)	69,6 (12,2)	54,0 (11,8)

¹V.K. = Variationskoeffizient

²Für Sulzbach 2011 konnte keine ableitbare Produktionsfunktion angepasst werden.

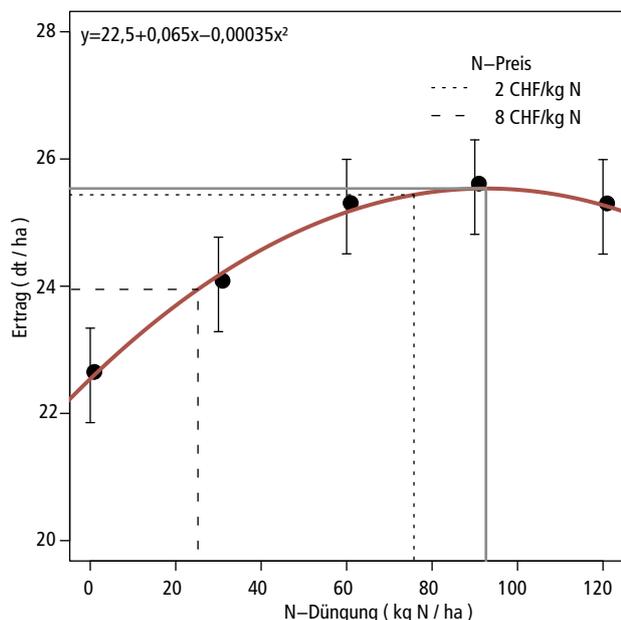


Abb. 2 | Kornertrag von Rispenhirse als Funktion der N-Düngung. Graue Linie: das Ertragsmaximum, gestrichelte Linien: ökonomisch optimale N-Düngung für die N-Preise 2 CHF/kg N (synthetisch) und 8 CHF/kg N (Biorga), Fehlerbalken entsprechen den Standardfehlern.

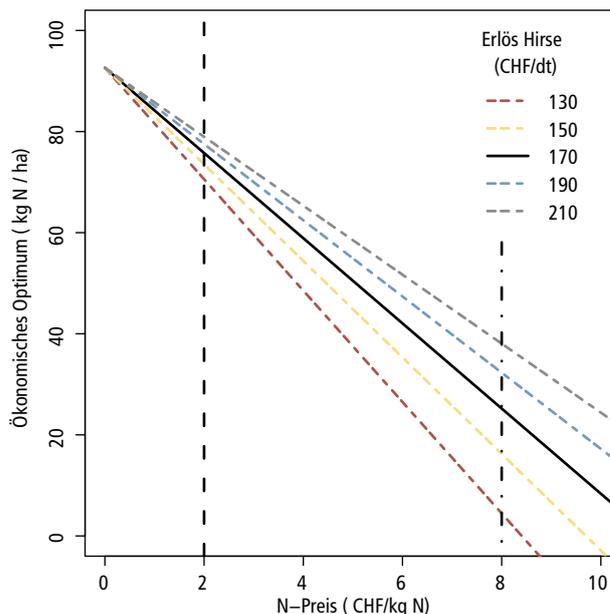


Abb. 3 | Ökonomisches N-Düngungsoptimum von Rispenhirse in Abhängigkeit des Düngerpreises und des Produzentenpreises.

Stickstoff-Verwertung

Mit Ausnahme des Versuchs in Schlieren (2012) ist ein Effekt des Vorrats an mineralischem Stickstoff (N_{min}) vor der Saat auf das Ertragsniveau zu erkennen (Tab. 1). Allerdings ist der Effekt des zusätzlich gedüngten Stickstoffs auf den Ertrag von Rispenhirse unabhängig vom Bodenvorrat vor der Saat, da das Ertragsmaximum bei fast allen Versuchen bei ca. 80–90 kg N/ha eintrat (Tab. 1). Inwiefern andere Boden- oder Standorteigenschaften dafür mitverantwortlich sind, müsste in weiteren Versuchen abgeklärt werden. Es kann weder ein Zusammenhang zwischen N-Düngung und dem N-Entzug durch Korn und Stroh (Abb. 4) noch zwischen N-Düngung und N_{min} nach der Ernte (Abb. 5) festgestellt werden. Grund dafür kann sein, dass der Rest des gedüngten Stickstoffs

noch in den Wurzeln der Hirse festgelegt ist oder aber in Bodenschichten tiefer als 90 cm verlagert wurde. Insbesondere in den Versuchen in Dietikon und Schlieren dürfte aber auch gedüngter N durch die Unkräuter aufgenommen worden sein.

Nährstoffgehalte

In der Gesamtauswertung zeigt sich ein hochsignifikanter Effekt der Versuchsumwelten auf die Nährstoffgehalte im Korn und im Stroh. Ein Einfluss der N-Düngung wurde nur für den Phosphor- und Magnesiumgehalt im Stroh beobachtet: Bei steigendem N-Angebot steigen die Gehalte an. Des Weiteren wurde beobachtet, dass die Sorte die Gehalte vor allem im Korn mitbeeinflusst (Tab. 2). So weist die Sorte Quartett etwas höhere Gehalte auf als die Sorte

Tab. 2 | Gehalte (g/kg Frischsubstanz) von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) im Korn und Stroh von Sommerweizen und -hafer (Flich et al. 2009) im Vergleich zu Rispenhirse. Mittelwerte (Minima und Maxima)

Kultur	Produkt	N (Min., Max.)	P (Min., Max.)	K (Min., Max.)	Mg (Min., Max.)
Rispenhirse	Korn	16,6 (15,2, 18,4)	2,8 (2,4, 3,2)	2,4 (1,8, 2,7)	1,2 (0,9, 1,4)
	Stroh	10,7 (9,3, 11,6)	2,4 (1,3, 3,3)	18,8 (12,6, 25,3)	2,4 (1,8, 2,7)
Sommerweizen	Korn	20,2 (18,0, 26,0)	3,6 (3,1, 4,4)	3,6 (2,5, 4,2)	1,2 (1,0, 1,4)
	Stroh	3,1 (3,0, 7,0)	0,8 (0,4, 1,3)	8,9 (6,6, 11,6)	0,7 (0,3, 0,7)
Sommerhafer	Korn	16,5 (13,0, 19,0)	3,5 (3,1, 3,9)	4,2 (3,3, 5,0)	1,0 (0,9, 1,3)
	Stroh	4,1 (3,0, 7,0)	1,2 (0,9, 1,7)	17,4 (14,9, 19,9)	1,2 (0,6, 0,9)

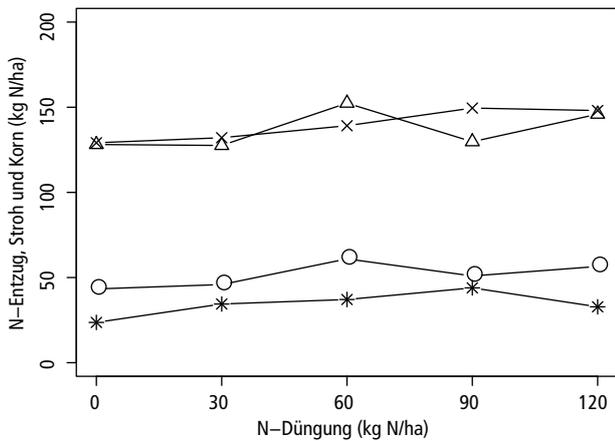


Abb. 4 | Stickstoffmenge in der oberirdischen Biomasse (Stroh und Korn) von Rispenhirse an vier verschiedenen Standorten bei unterschiedlichen N-Düngungsniveaus. Legende siehe Abbildung 5.

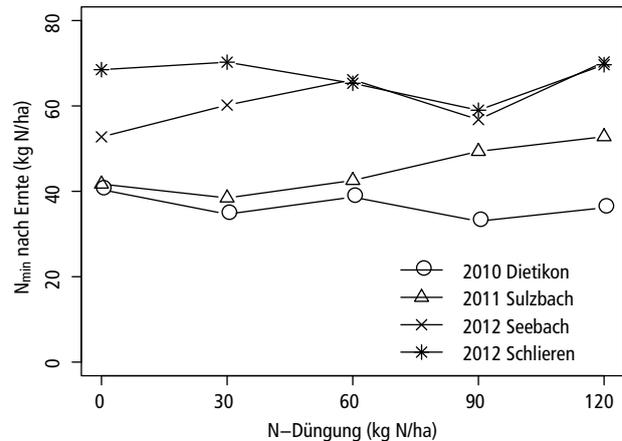


Abb. 5 | N_{min}-Gehalt im Boden nach der Ernte von Rispenhirse an vier verschiedenen Standorten in Abhängigkeit der N-Düngung.

Krupnoskoroje. Im Vergleich mit zwei anderen Sommergetreidearten, die alternativ zu Rispenhirse in der Fruchtfolge stehen können und bei denen der Verbleib des Strohs in der Düngerbilanz verrechnet wird, ist vor allem der hohe Stickstoffgehalt im Hirsestroh bemerkenswert (Tab. 2). Ebenso ist der im Vergleich zu Sommerhafer fast doppelt so hohe Gehalt an Magnesium auffallend. Es ist allerdings zu beachten, dass der Ertrag von Sommerweizen und Sommerhafer oft höher ist als bei Rispenhirse.

Schlussfolgerung

Die Kornerträge variierten sehr stark zwischen den einzelnen Versuchen, was eine Abhängigkeit der Erträge von örtlichen und saisonalen Bedingungen zeigt. Die ökonomisch optimale N-Düngung hängt stark vom ver-

anschlagten Düngerpreis und dem Produzentenpreis ab. Im Biolandbau sollte deshalb eher eine N-Düngung mit kostengünstigeren Hofdüngern praktiziert werden. Eine höhere N-Düngung führte in den vorliegenden Versuchen nicht zu höheren N_{min}-Gehalten nach der Ernte im Boden, was zu einem gewissen Grade auch durch das Vorhandensein von Ackerbegleitarten und deren N-Aufnahme zu erklären ist. Die Nährstoffgehalte im Korn und Stroh sind mehr von den saisonalen und lokalen Bedingungen abhängig als von der N-Düngung. Im Vergleich mit anderen Sommergetreidearten ist der hohe N-Gehalt in Hirsestroh für die Düngebilanz zu beachten. ■

Dank

Wir danken der Stiftung Hauser (Weggis) und BioSuisse für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

- Bélanger G., Walsh J.R., Richards J.E., Milburn P.H. & Ziadi N., 2000. Comparison of three statistical models describing potato yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 92 (5), 902–908.
- Flisch R., Sinaj S., Charles R. & Richner W., 2009. GRUDAF 2009 – Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung Schweiz* 16 (2), 1–97.
- Hoffmann-Bahnsen R., 2003. Wie viel Stickstoff braucht Rispenhirse (*Panicum miliaceum*). Untersuchungen zum Stickstoffbedarf und der Dynamik in der Pflanze. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 15, 304–305.
- Fuhrer J. & Jasper K., 2009. Bewässerungsbedürftigkeit in der Schweiz. Schlussbericht der Studie «Bewässerungsbedürftigkeit in der Schweiz (BBCH)». Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich. 74 S.

- Humphrys C., 2005. Anbau von Rispenhirse in der Schweiz: Unkrautbekämpfung und Perspektiven einer alten Kulturpflanze. In: Unkrautbekämpfung. Neue Technologien, reduzierter Herbizideinsatz und Alternativen, FAL-Tagung, Zürich.
- Klöble U., 2009. Bewertungsansätze für interne Leistungen im ökologischen Landbau (Workshop). Zugang: <http://orprints.org/14334/> [11.12.2013].
- Richner W., Flisch R., Sinaj S. & Charles R., 2010. Ableitung der Stickstoffdüngungsnormen von Ackerkulturen. *Agrarforschung Schweiz* 1 (11–12), 410–415.