



Optimierung der Stickstoffdüngung und Saatmenge im Hanfanbau

Vito MEDIAVILLA und Paolo BASSETTI, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Mechtild KONERMANN, Institut für Umweltgerechte Landwirtschaft (IfUL), Auf der Breite 7, D-79379 Müllheim

Ingrid SCHMID-SLEMBROUCK, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Institut für Pflanzenwissenschaften, Gruppe Ackerbau, Eschikon 33, CH-8315 Lindau

Hanf (*Cannabis sativa* L.) wird in letzter Zeit in der Schweiz und mehreren Nachbarländern wieder angebaut und als Industriepflanze genutzt. Die Fasern werden zum Beispiel für Papier und Verbundwerkstoffe eingesetzt. Zusätzlich können Samen, Öl und Duftstoffe der Blüten mit Erfolg vermarktet werden. Hanf ist an unsere klimatischen Bedingungen gut angepasst und eignet sich für einen extensiven Anbau. Hanf ist aber anspruchsvoller im Anbau, als dies behauptet wird. Unsere Ergebnisse zeigen, welche Menge und welcher Zeitpunkt für die optimale Stickstoffdüngung angebracht sind und dass eine hohe Pflanzdichte mehrere Vorteile aufweist.

Schon eine Anbauanleitung aus den zwanziger Jahren betont die hohen Ansprüche des Hanfes an Klima und Boden (Becker-Dillinger 1928). Darin werden Düngergaben von 80 bis 90 kg N/ha, 100 kg P₂O₅/ha und 150 kg K₂O/ha und eine Saatmenge von 25 bis 120 kg/ha empfohlen. Weiter heisst es «nach den grossen Anforderungen, die der Hanf an die Bodennährstoffe stellt und nach der kurzen Zeit, in welcher er sie aufnehmen muss, ist schon zu schliessen, dass auch die Bodenbearbeitung des Hanffeldes auf das sorgfältigste durchgeführt werden muss». Neuere Literatur bestätigt, dass das Angebot an Nährstoffen und Wasser gross sein muss. Vermutlich liegt die Ursache darin, dass die Pfahlwurzel der Hanfpflanze verglichen mit anderen Kulturpflanzen schwach entwickelt ist (Bócsa und Karus 1997).

Im Gegensatz dazu sprechen mehrere populäre Quellen (zum Beispiel Dunkel

1995) immer wieder von der Anspruchslosigkeit des Hanfes bezüglich Boden, Klima, Düngung, Unkrautbekämpfung und Pflanzenschutz. Tatsache ist aber, dass in letzter Zeit Probleme mit Hanfkulturen auftauchen, vor allem wo die Saatmenge zu gering war. Schneckenfrass, Staunässe oder Bodenverdichtungen führten zu mageren, blassen Beständen. Zu hohe Hanfbestände erschwerten die Ernte (Mähen, Mähdrusch).

Anbauversuche

Um Erkenntnisse über das Verhalten moderner Hanfsorten zu gewinnen sowie um Angaben über den Einfluss von Stickstoffdüngung und Pflanzdichte auf die Erträge zu erhalten, haben wir Feldversuche an mehreren Standorten angelegt (Tab.1). In diesem Artikel berichten wir über die Ergebnisse von Stickstoffdüngung (Tab. 2) und Saatmenge.

Tab. 2. N-Düngungsverfahren der Versuche in Zürich-Reckenholz (1996), Tenniken (1997) und Cadenazzo (1996 und 1997) N-Gaben mit Ammonsalpeter (kg N/ha)

Verfahren	Zeitpunkt der Düngung		Total
	Auflaufen	Pflanzhöhe 20 cm	
N0	0	0	0
N1	0	50	50
N2	0	85	85
N3	35	50	85
N4	35	85	120
N5	50	85	135

Die Verfahren wurden in einem randomisierten Blockversuch geprüft; das heisst vierfach wiederholt und zufällig verteilt. Mittels Drillsaat (Reihenabstand zwischen 18 und 25 cm) wurden die THC-armen Hanfsorten Féдора 19 und Futura 77 (beide einhäusig, Herkunftsland Frankreich) gesät. Die Keimfähigkeit lag bei etwa 80 %. Beide Sorten sind in der Europäischen Union und in der Schweiz zugelassen und für den Anbau als nachwachsender Rohstoff beitragsberechtigt. Féдора 19 eignet sich eher für die Körnergewinnung, Futura 77 eher für die Fasererzeugung. Es wurde keine Unkrautbekämpfung durchgeführt.

(^Δ-Tetrahydrocannabinol ist der psychoaktive Wirkstoff von Hanf)

Tab. 1. Angaben zu den Versuchsstandorten der Düngungsversuche

Jahr	1996	1996	1997	1997	1997	1997
Versuchsstandort	Zürich-Reckenholz (Kanton Zürich)	Cadenazzo (Kanton Tessin)	Tenniken (Kanton Baselland)	Cadenazzo (Kanton Tessin)	Auggen (Baden-Württemberg)	Biengen (Baden-Württemberg)
Höhe über Meer (m)	440	207	604	207	232	212
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde
pH	6,8	6,2	6,6	6,2	7,5	7,5
Humus (%)	4,5	2,0	3,3	2,0	2,6	1,6
Ton (%)	29	5-10	28	5-10	17-25	17-25
Schluff (%)	29	30-50	37	30-50	30-40	30-40
P (Test-Zahl bzw. mg/100 g)	19,0	17,8	4,7	11,8	7	19
K (Test-Zahl bzw. mg/100 g)	3,1	1,5	2,2	1,1	12	28
Vorfrucht	Ackerbohnen	Mais	Mais	Mais	Hanf	Mais
Saatdatum	23.4.96	10.4.96	17.4.97	17.4.97	24.4.97	24.4.97
N _{min} (0-100 cm Tiefe, kg/ha)	Saat: 121 Auflaufen: 128 30 cm: 85 (N0)**, 114 (N3) Ernte: 22 (N0), 29 (N3)		Saat: 74 10 cm: 136 50 cm: 62 (N0) Ernte: 32 (N1), 33 (N3)		50 cm*: 23 (N0), 52 (N1) Ernte*: 20 (N0), 23 (N1)	50 cm*: 13 (N0), 16 (N1) Ernte*: 9 (N0), 7 (N0)

Bodenanalysen nach Walther et al. 1994 (Schweiz) und Hoffmann 1991 [CAL-Methode] (Baden-Württemberg)

* 0-90 cm Tiefe ** Nx: betrifft N-Düngungsverfahren, vgl. Tab. 2

Entwicklung des Hanfes

Nach der Saat (April bis Mai) keimte und lief der Hanf rasch auf. Bis zum 4-Laubblattpaar (Ende Juni) wuchs der Hanf langsam. Stärkeres Längenwachstum fand erst zwischen Juli und August statt. Im Monat August blühte der Hanf (Abb. 1). Danach stoppte das Höhenwachstum und die Körnerbildung setzte ein. In den Monaten September und Oktober reiften die Pflanzen aus und starben nachher langsam ab. Verglichen mit Mais war das Wachstum des Hanfes im Mai und Juni etwas schneller, hörte im Herbst aber früher auf (Abb. 2). Diese Erkenntnis ist für die Düngung von Bedeutung, weil damit der Zeitpunkt der Aufnahme der Nährstoffe zusammenhängt.

Der Zusammenhang zwischen Temperatursumme und Entwicklungsstadium wurde für Hanf von van der Werf (1997) beschrieben. Die geltende minimale Wachstumstemperatur ist bis zum Auflaufen 0 °C, danach 2 °C. Samenbildung und Absterben der Pflanzen können direkt mit der Temperatursumme ab der Blüte aus abgeleitet werden.

Stickstoffdüngung willkommen aber...

In unseren Versuchen wurde der starke Einfluss der N-Düngung auf den Hanf bestätigt. Die Stickstoffdüngung wirkte sich positiv auf die Pflanzenhöhe und den Stengeldurchmesser aus. Sie beeinflusste dagegen die Bestandesdichte und die Anfälligkeit für Lagerung (Tab. 3). Der Stengelertrag wurde durch zunehmende N-Gaben erhöht (Abb. 3). In den Versuchen in Baden-Württemberg mit den Sorten Fédora 19 und Kompolti nahm mit zunehmender N-Düngung der Stengelertrag ebenfalls zu (Daten nicht gezeigt). Die Ertragsleistung des gedüngten Stickstoffs schwankte zwi-

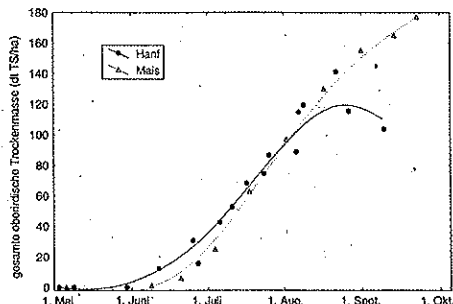


Abb. 2. Verlauf der Trockenmasseproduktion von Hanf im Vergleich zu Mais. Hanf: Mittelwert von drei Sorten, Saatmenge 60 kg/ha, Cadenazzo (1994 und 1995) und Zürich-Reckenholz (1995). Mais: Mittelwert von 19 Versuchen, U. Walther 1998 pers. Mitteilung.



Abb. 1. Die Blütenbildung von Hanf leitet das Ende des Längenwachstums ein. Die dann erreichte Bestandeshöhe ist bestimmend für den Stengelertrag und für allfällige Ernteprobleme. Zeichnung Ingrid Schmid-Slembrouck.

schen 74 bis 184 kg Stengel/kg N. Sowohl bei der Saatmenge von 10 als auch von 60 kg/ha wurde ab 85 kg N/ha eine Abnahme der Ertragssteigerung beobachtet. Der für die Fasergewinnung wichtige Bastertrag konnte mit zunehmenden N-Gaben von 16 auf 37 dt TS/ha gesteigert werden (Daten nicht gezeigt). Der Körnerertrag war ebenfalls von der N-Düngung abhängig, aber etwas weniger stark als der Stengelertrag (Abb. 3). In anderen schweizerischen Versuchen konnte mit steigenden N-Gaben der Körnerertrag ebenfalls erhöht werden (Spahr 1996 pers. Mitteilung; Christen 1996). Die Wirkung des Stickstoffes auf

die Bestandesdichte konnte in unseren Versuchen nicht überzeugend nachgewiesen werden. Aus den vorliegenden Daten über den N_{min} -Gehalt des Bodens (Tab. 1) kann entnommen werden, dass nach der Ernte nur wenig mineralischer Stickstoff im Boden vorlag.

Der Einfluss des N-Angebotes auf Bestandesdichte, Pflanzenhöhe, Stengeldurchmesser, Ertrag und Blütezeit wurde in letzter Zeit mehrfach beschrieben (Esendal und Ozdemir 1993; Höppner und Mengert-Hartmann 1994; Anonymus 1996; Di Candilo *et al.* 1996). Das Stickstoffangebot wirkt sich auf die interspezifische Konkurrenz stark aus, indem die interne Variabilität zwischen den Pflanzen eines Bestandes vergrößert wird (van der Werf *et al.* 1995a; van der Werf und van den Berg 1995).

...Vorsicht angebracht

Da der Hanf eine kurze Vegetationsdauer aufweist, während der er hohe Mengen an Biomasse bildet, müssen die Nährstoffe im richtigen Moment und in einer gut verfügbaren Form vorliegen (Berger 1969). Dies gilt vor allem für den Stickstoff. Muss deshalb eine allfällige N-Düngung möglichst früh, zum Beispiel bei der Saat oder zum Auflaufen stattfinden?

Der Vergleich zwischen den Düngungsverfahren N3 (erste Gabe beim Auflaufen und zweite bei 20 cm Pflanzenhöhe) und N2 (alles bei 20 cm Pflanzenhöhe) erlaubt eine interessante Beobachtung bezüglich Zeitpunkt der N-Düngung. Der Stengelertrag im N3-Verfahren war mit der Saatmenge 10 kg/ha signifikant kleiner als im

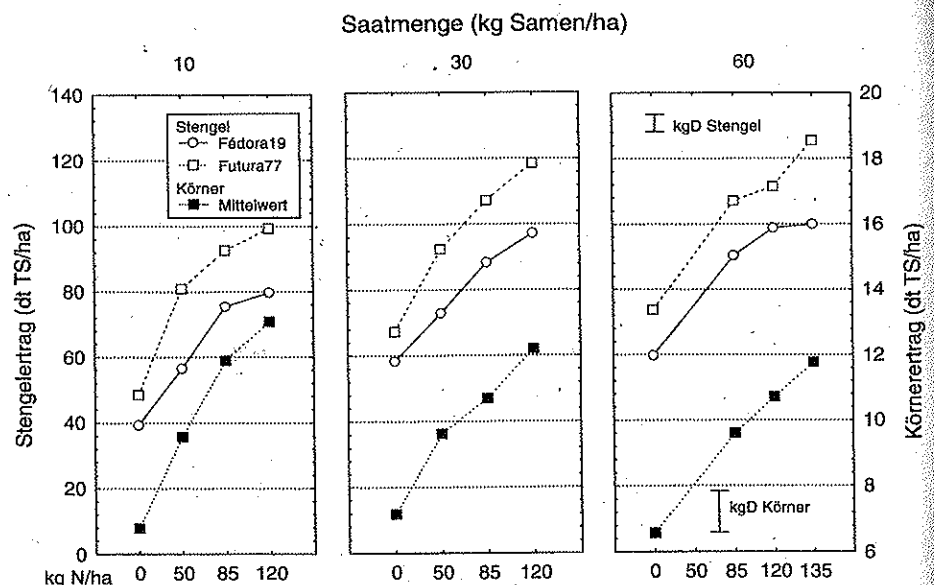


Abb. 3. Einfluss von N-Düngung und Saatmenge auf Stengelertrag und Körnerertrag. Mittelwert an den Standorten Zürich-Reckenholz (1996), Tenniken (1997) und Cadenazzo (1996, 1997). Der Körnerertrag wurde mit Handernte ermittelt. 85 kg N/ha = N2.

Tab. 3. Wirkung der N-Düngung auf den Hanfbestand und die Nährstoffentzüge. Mittelwerte der Sorten Féдора 19 und Futura 77 und der Saatmengen 10, 30 und 60 kg Samen/ha. Pflanzenhöhe: Zürich-Reckenholz (1996), Tenniken (1997) und Cadenazzo (1996, 1997). Bestandesdichte: Zürich-Reckenholz (1996) und Cadenazzo (1996, 1997). Stengeldurchmesser: Zürich-Reckenholz (1996) und Cadenazzo (1997). Lagerung: Cadenazzo (1997) nach der Skala 1 (keine Lagerung) bis 9 (totale Lagerung). Entzüge: Zürich-Reckenholz (1996)

N-Düngung gemäss Tab. 2	Pflanzen- höhe m	Bestandesdichte			Stengel- durchmesser mm	Lagerung Note	N-Entzug		P ₂ O ₅ -Entzug		K ₂ O-Entzug		Mg-Entzug	
		Pflanzen/m ² Saatmenge (kg Samen/ha) ^v					kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha	
		10	30	60			Stengel	Rest	Stengel	Rest	Stengel	Rest	Stengel	Rest
N0	2,28	33,7	87,1	161,4	6,89	1,7	14	63	21	38	61	63	4	14
N1	2,59	37,1	84,6	-	8,70	2,1	19	87	22	49	94	82	4	17
N2	2,63	32,5	85,7	122,5	8,99	2,8	28	105	29	59	123	106	6	22
N3	2,68	34,5	82,3	131,0	8,44	2,5	30	109	30	58	132	111	6	22
N4	2,76	32,5	77,8	115,1	9,29	3,0	37	127	33	64	147	132	7	25
N5	2,66	-	-	111,0	7,66	5,0	45	139	32	68	183	142	8	27
kgD	0,11 **	ns	ns	ns	0,72 **	1,0 **								

^v10, 30 und 60 kg Saatgut/ha entsprechen rund 50, 150 und 300 keimfähigen Samen/m²
kgD = Signifikanz bei p = 0,01 **, ns = nicht signifikant

N2-Verfahren (Tab. 5). Da die Bestandesdichte in diesem Fall sehr niedrig war (rund 50 Pflanzen/m²) vermuten wir, dass die N-Gabe beim Auflaufen nicht ganz aufgenommen und mit den Niederschlägen zum Teil ausgewaschen wurde. Bei den anderen Saatmengen, wo die Bestandesdichte höher war, war dies offensichtlich nicht der Fall. Um die Verluste möglichst klein zu halten, ist vor allem bei niedriger Bestandesdichte nicht zu früh mit Stickstoff zu düngen. Wir empfehlen deshalb, den Hauptteil der N-Gabe bei einer Pflanzenhöhe von 20 bis 30 cm zu verabreichen.

Werden die Hanfstengel auf dem Feld am Boden trocknen gelassen, fallen Blätter und Blüten ab. Mit dem Erntegut werden daher praktisch nur die Stengel weggeführt. Der Stengelentzug entspricht damit dem realen Entzug aus dem Feld. Wir konnten diesbezüglich je nach N-Düngung in den Stengeln 14 bis 45 kg N, 21 bis 33 kg P₂O₅, 61 bis 183 K₂O und 4 bis 8 kg Mg pro Hektar messen (Tab. 3). Ähnliche Zahlen werden auch von Berger (1969) berichtet. Mit zunehmender Saatmenge nahmen generell die Entzüge zu (Tab. 4).

Insbesondere die N- und P₂O₅-Entzüge waren von der N-Düngung und der Saatmenge stark abhängig. In Blättern und Blüten waren die Entzüge zwar höher als in den Stengeln, die Nährstoffe verlassen das Feld aber nur mit einer Ganzpflanzen-ernte.

Bei der Gestaltung der Düngung spielen verschiedene Faktoren eine Rolle. Die Stickstoffmineralisierung im Boden muss berücksichtigt werden. Zusätzlich sollen erntetechnische, wirtschaftliche und ökologische Überlegungen angestellt werden (Tab. 6). Die Rentabilität der N-Düngung bezogen auf das Ernteprodukt (Stroh, Samen) ist kaum gegeben, solange die Rohstoffpreise tief sind und der grösste Teil des Deckungsbeitrags durch die Direktzahlung zustande kommt. Weiter ist zu beachten, dass der ökologische Wert nachwachsender Rohstoffe nur zum Tragen kommt, wenn durch sie fossile Rohstoffe eingespart werden können. Trotz einer starken Ertragswirkung der N-Düngung ist die Nutzwirkung verhältnismässig bescheiden.

Der Rohstofftertrag kann optimiert werden, indem für Faserhanf 85 bis 120 kg N/

ha und für Körnerhanf 50 bis 85 kg N/ha gedüngt werden. Ist keine Erfahrung mit der Ernte vorhanden, sollten die N-Gaben reduziert werden. Ausserdem sollten 30 kg P₂O₅, 120 kg K₂O und 6 kg Mg zugefügt werden. Hofdünger können verwendet werden, ihre Wirkung ist aber begrenzt.

Keine Unkrautbekämpfung dank hoher Saatmenge

Die Bestandesdichte bei der Ernte schwankte von rund 35 (bei 10 kg Samen/ha) bis 135 Pflanzen pro Quadratmeter (bei 60 kg Samen/ha) (Tab. 4). Auch Pflanzenhöhe, Stengeldurchmesser und Feldlagerung wurden von der Saatmenge beeinflusst. Wo die einzelnen Hanfpflanzen mehr Raum zur Verfügung hatten, konnten sie mehr Licht, Wasser und Nährstoffe aufnehmen. Solche Pflanzen entwickelten oft Seitentriebe und wuchsen eindeutig höher und dicker (Tab. 4). Pflanzen von über 3,5 m Höhe waren keine Seltenheit.

Eine Besonderheit des Hanfes ist die Selbstausdünnung bei hoher Bestandesdichte. Das heisst, dass die kleineren Pflanzen wegen der Konkurrenz der grös-

Tab. 4. Wirkung der Saatmenge auf den Hanfbestand und die Nährstoffentzüge. Mittelwerte aller Düngungsverfahren (Tab. 2). Pflanzenhöhe: Zürich-Reckenholz (1996), Tenniken (1997) und Cadenazzo (1996, 1997). Bestandesdichte: Zürich-Reckenholz (1996) und Cadenazzo (1996, 1997). Stengeldurchmesser: Zürich-Reckenholz (1996) und Cadenazzo (1997). Lagerung: Cadenazzo (1997) nach der Skala 1 (keine Lagerung) bis 9 (totale Lagerung). Entzüge: Zürich-Reckenholz (1996)

Saatmenge kg Samen/ha	Sorte	Pflanzen- höhe m	Bestandes- dichte Pflanzen/m ²	Stengel- durchmesser mm	Lagerung Note	N-Entzug		P ₂ O ₅ -Entzug		K ₂ O-Entzug		Mg-Entzug	
						kg/ha	Stengel	Rest	kg/ha	Stengel	Rest	kg/ha	Stengel
10 ^v	Fédora 19	2,55	35,1	9,73	2,0	15	84	18	45	62	95	4	16
30		2,40	86,5	7,48	3,5	23	110	27	57	105	111	5	20
60		2,31	135,7	6,43	4,1	29	114	27	61	119	118	5	21
10	Futura 77	2,91	33,0	10,92	1,2	20	87	23	49	95	79	5	19
30		2,72	80,5	8,41	1,9	30	95	32	55	136	93	7	20
60		2,67	120,7	7,36	2,9	47	122	40	63	189	124	8	25
kgD		0,08 **	9,1 **	0,51 **	0,6 **								

^v10, 30 und 60 kg Saatgut/ha entsprechen rund 50, 150 und 300 keimfähigen Samen/m²

Tab. 5. Einfluss des Zeitpunktes der Düngung auf Stengel- und Körnerertrag. Mittelwert von Zürich-Reckenholz (1996), Tenniken (1997) und Cadenazzo (1996, 1997)

Verfahren kg N/ha	Stengelertrag dt TS/ha			Körnerertrag dt TS/ha			
	Saatmenge kg/ha	10	30	60	10	30	60
N2		84,7	101,9	108,2	11,9	11,0	10,0
N3		76,1	100,3	107,3	11,7	11,0	10,7
kgD			5,7**			ns	

Tab. 6. Vor- und Nachteile unterschiedlicher Stickstoffdüngung und Saatmengen auf den Hanfbestand

Hohe N-Gaben		tiefe N-Gaben
+	Auswaschungsgefahr	-
+	Ertrag (Stengel, Faser, Körner)	-
+	Ernteprobleme	-
+	N- und K ₂ O-Entzüge	-

hohe Saatmenge	tiefe Saatmenge	
+	Saatgütekosten	-
+	Bestandesdichte	-
-	Unkrautprobleme	++
+	Selbstausdünnung	++
-	Probleme mit Schädlingen	++
+	Stengel- und Faserertrag	--
-	Körnerertrag	+
+	Probleme mit Stengelernte	+
-	Probleme mit Körnerernte	++

seren im Laufe der Entwicklung zugrunde gehen (van der Werf *et al.* 1995b). Das äussert sich in einer abnehmenden Bestandesdichte im Verlauf der Zeit (Slembrouck 1994). In unseren Versuchen wurde bei der Ernte die angestrebte Anzahl Pflanzen nur mit der niedrigsten Saatmenge annähernd erreicht. Mit der höchsten Saatmenge wurde aber eine Sterblichkeit bis zu 60 % beobachtet (Tab. 4).

Mit der Saat von 30 und 60 kg Samen/ha wurde ohne jegliche Unkrautbekämpfung der Boden schon rund ein Monat nach der Saat ganz bedeckt. Somit gab es keinen Raum für Unkräuter. Mit der niedrigsten Saatmenge hingegen deckte der Hanf den Boden nie ganz ab. Hier konnte sich eine bedeutende Begleitflora etablieren.

Die Saatkosten beeinflusste auch den Ertrag. Eine Erhöhung der Saatmenge von 10 auf 30 kg/ha steigerte den Stengelertrag (Abb. 3). Eine zusätzliche Erhöhung bewirkte aber keine nennenswerte Zunahme des Stengelertrages. Ähnlich verhielt es sich mit dem Bastertrag (Daten nicht gezeigt). Ob die Faserqualität von der Bestandesdichte beeinflusst wurde, ist noch unklar und wird zurzeit untersucht. Im Gegensatz zum Stengelertrag wurde der Körnerertrag mit steigender Saatmenge kleiner (Abb. 3). In Osteuropa werden für die reine Samengewinnung in der Regel

Saatmengen von 2 kg/ha angewandt (Bócsa und Karus 1997). Dies führt aber dazu, dass die Ernte nur manuell unter grossem Aufwand durchgeführt werden kann (Martinov *et al.* 1997).

Den ökologischen Vorteil voll nutzen

Mit der Stickstoffdüngung und der Saatmenge kann der Hanfanbau beeinflusst werden (Tab. 6). Es ist dabei wichtig, nicht nur rein pflanzenbauliche Überlegungen anzustellen, sondern auch den Bestand so zu führen, dass die Ernte möglichst problemlos durchgeführt werden kann und ein ökologisch und wirtschaftlich sinnvoller Hilfsstoffeinsatz erreicht wird. Für Faserhanf existieren zurzeit recht weit entwickelte Ernteverfahren (Dun 1997; Martinov *et al.* 1997; Lohmeyer 1997; Schweiiger *et al.* 1996; Strasser 1995), die nur durch Feldlagerung erschwert werden können. Für die Körnerernte sind die Probleme aber viel grösser. Sie entstehen prinzipiell durch die langen und faserigen Stengel, die den Mährescher passieren müssen. Die Pflanzhöhe spielt dabei eine entscheidende Rolle (Lohmeyer 1997; Spiess 1997). Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei grossen und verzweigten Pflanzen die Druschverluste zunehmen, so dass der höhere Körnerertrag (Abb. 3) mit der Mähdruscherte verloren geht (Mediavilla *et al.* 1997).

Ein ökologisch wichtiger Vorteil des Hanfanbaus besteht im möglichen Verzicht auf Unkrautbekämpfung und Pflanzenschutzmassnahmen. Voraussetzung ist aber eine ausreichende Saatmenge. Aus diesen Gründen sollte die Saatmenge auch für Körnerhanf nicht weniger als 30 kg/ha betragen. Für Faserhanf sollte sie zwischen 30 und 60 kg liegen. Eine ausreichende Keimfähigkeit ist auf jeden Fall unabdingbar.

*Die Keimfähigkeit von Hanf nimmt nach zwei bis drei Jahren rapide ab.

DANK

Diese Arbeiten wurden zum Teil im Rahmen eines Projektes des «Institut Transfrontalier d'Application et Développement Agronomique (ITADA)» durchgeführt. Wir bedanken uns bei der Baden-Württembergischen und Elsassischen Trägerschaft, beim Bundesamt für Wirtschaft und Arbeit und den Kantonen Aargau, Basel-Stadt, Basel-Land und Solothurn für die finanzielle Unterstützung.

LITERATUR

Das ausführliche Literaturverzeichnis kann beim Erstautor bezogen werden.

RÉSUMÉ

Optimisation de la fumure azotée et de la densité de semis dans la culture du chanvre

Dans des essais conduits en Suisse et au sud de l'Allemagne, on a étudié l'influence de la fumure azotée et de la densité de semis sur la culture du chanvre (*Cannabis sativa* L.). A une haute densité de semis (30-60 kg/ha) et avec des doses croissantes d'azote, on a pu augmenter les rendements en tige et en écorce. Les doses d'azote ont eut augmenter le rendement en graines, mais aussi la hauteur de la plante et la tendance à la verse. Le rendement en graines a été plus élevé avec une densité moindre de semis (10 kg/ha). A cette densité, la couverture du sol était insuffisante contre les mauvaises herbes. En outre, la densité plus basse de semis ainsi que des apports croissants d'azote peuvent compliquer beaucoup la récolte à la moissonneuse-batteuse. Pour la culture du chanvre à graines, nous recommandons une densité de semis d'au moins 30 kg/ha ainsi qu'une fumure azotée de 50 à 85 kg N/ha au maximum. Pour la production de fibre, la fumure azotée ne doit pas dépasser 85 à 120 kg N/ha.

SUMMARY

Optimisation of nitrogen fertilisation and seed density in hemp crop

To study the influence of nitrogen fertilisation and seed density in hemp (*Cannabis sativa* L.) field trials were carried out in Switzerland and South Germany. A high seed density (30-60 kg/ha) and nitrogen fertilisation did increase stem and bast yields. Nitrogen also increased seed yield, plant height but also lodging. Seed yield was higher at lower seed density (10 kg/ha). At this plant density no sufficient cover against weeds was observed. Low seed density and also high nitrogen supply may increase difficulties for mechanical grain harvest. We recommend for grain hemp a seed density of at least 30 kg/ha and a maximum nitrogen fertilisation of 50 to 85 kg N/ha. For fibre hemp the maximum nitrogen fertilisation should be 85 to 120 kg N/ha.

KEY WORDS: hemp, *Cannabis sativa* L., nitrogen fertilisation, seed density, crop physiology, mineral uptakes