

十勝地方において春播きしたナタネの収量に栽植密度、 および窒素施肥量の違いがおよぼす影響

秋本 正博¹・北畠 真吾²

(受付 : 2011年 4 月 28 日, 受理 : 2011年 7 月 7 日)

Effects of plant density and nitrogen application on the yield of spring-sowing canola

Masahiro Akimoto¹, Shingo Kitabatake²

摘 要

春播きしたナタネ品種,「キラリボシ」と「ナナシキブ」の収量に対する栽植密度と窒素施肥量の効果を調査し,十勝地方においてナタネの春播き栽培を行うための適切な栽培管理方法を模索した。栽植密度(密植:25cm 畦間と秋播き栽培の標準植:50cm 畦間)と窒素施肥(N -4.0kg/10a, N -8.0kg/10a, およびN -12.0kg/10a)を処理要素とした相互組み合わせによる6つの処理区を設置し,2009年5月7日にキラリボシとナナシキブの播種を行った。そして,収穫時に各処理区ごとに個体の形態特性と単位面積あたりの種子収量と油脂収量を計測した。キラリボシでは,個体の草丈に対する窒素施肥の効果が認められ,窒素肥料を8.0kg/10a や12.0kg/10a 施用した区で4.0kg/10a 施用した区より草丈が高くなった。その結果,窒素肥料を8.0kg/10a 以上施用した区では試験期間中に株の倒伏が生じた。両品種とも,密植した区で単位面積あたりの種子収量や油脂収量が高くなった。ナナシキブでは,密植を行った区のうち窒素肥料を4.0kg/10a 施用した区で種子収量と油脂収量が最も高くなった。十勝地方におけるナタネの春播き栽培では,秋播き栽培に比べ栽植密度を高く設定した方が高収量を期待できると考えられる。また,倒伏の回避や収量の点から窒素施肥量を8.0kg/10a より少なく抑えたほうが好ましいと考えられる。

キーワード: ナタネ, 春播き, 栽植密度, 窒素施肥量

緒 論

バイオエタノールやバイオディーゼル, ETBE など, 石油に代わる植物由来の代替エネルギーの利用が注目さ

れている。とりわけバイオディーゼルに関しては, 燃料成分中の酸素原子の割合が高く, 軽油と混合して使用した場合に, 不燃炭化水素や一酸化炭素, 浮遊粒子状物質の排出量が少なくなることから, 環境にやさしいバイオ

¹ 帯広畜産大学地域環境学研究部門

² 北海道農業共済組合連合会(2010年3月帯広畜産大学畜産学部卒業)

¹ Department of Agro-Environmental Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

² Hokkaido NOSAI

燃料として関心が高まっている(井熊 2008)。

日本国内で生産されるバイオディーゼルの原料としては、廃食油の占める割合が最も高い。しかし、廃食油の再利用では、回収や不純物の除去にコストがかかるほか、生産物の品質が不均一になりやすいなどの問題がある。バイオディーゼル原料として廃食油に次ぎ用いられているのは、ナタネやダイズなどの油料作物である。このうちナタネは、他のバイオディーゼル用の油料作物に比べ単位面積当たりの油脂収量が高く、かつ粗放的な栽培が可能で休耕地を利用した省力栽培を行えるなど、生産上の利点が多い。これらのことから、バイオディーゼル生産に向けた活用と耕地の有効利用の点で、近年では各地においてナタネの栽培が普及してきている(農林水産統計 2011)。

北海道の十勝地方においてもナタネに対する注目が集まっている。この十勝地方では、コムギ、豆類、テンサイ、バレイショからなる畑作4品目を主体とした輪作体系が営まれている。しかし近年では、さらなる収益の改善と生産の省力化、および作付けの多様化への希望から、より換金性が高く、安定的かつ粗放的に栽培できる第5の作物の導入が期待されるようになった。そして、バイオディーゼルへの関心が高まるなか、ナタネがその候補のひとつになったわけである。2008年には豊頃町に大規模なナタネ用バイオディーゼルプラントが作られるなど、ナタネの普及に向けた実践的な取り組みが進められている。

北海道におけるナタネの栽培は秋播きが主流となっている(中 2001; 森 2009)。ところが、十勝でナタネを秋播き栽培した場合、コムギと合わせ輪作体系内に秋播き作物が2品目になることから、圃場の利用計画他他の作物との競合が生じてしまう。本州の温暖地域では、ナタネを春播きにより栽培する事例が多くみられる(茨城県農業総合センター 2008)。そこで、十勝においてもナタネを春播きにより栽培することへの期待が高まっている。しかしながら、これまで北海道ではナタネの春播き栽培の事例がほとんどなく、春播き栽培を行った場合の収量性や、栽培の効率化を図るための適切な栽植密度や

窒素施肥量についての情報が乏しい。

そこで、本研究ではナタネを春播き栽培し、栽植密度と窒素施肥量の違いが収量に及ぼす影響について調査した。そして、十勝におけるナタネの春播き栽培の可能性について考察した。

材料と方法

1. 供試品種

本試験では、供試品種としてナタネ(*Brassica napus* L.)の油料品種で春播き適性が高いとされる「キラリボシ」と「ナナシキブ」の2品種を使用した。

キラリボシとナナシキブはともに東北農業試験場(現独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター)において育成された無エルシン酸品種である。キラリボシは東北以北の寒冷地での栽培に適する中生品種で、菌核病抵抗性や寒雪害抵抗性、倒伏耐性に優れる。ナナシキブは関東以西の温暖平坦地帯での栽培に適する中晩生品種で、収量性や倒伏耐性に優れる。

試験圃場の環境

本試験は2009年に帯広畜産大学の試験圃場で行った。試験地の土壌は褐色黒ボク土で、前作として2008年に春コムギの栽培が行われた。播種時の土壌の化学特性はpH:6.2, EC:0.16mS/cm, CEC:20.5meq, 硝酸態窒素含量:2.9mg/土100g, 可吸態リン酸含量:4.9mg/土100g, 交換性カリ含量:35.7mg/土100gであった。また、播種前に20mm径以下の土塊の割合が80%になるようにロータリーによる碎土を行った。

ナタネの栽培方法

2009年5月7日にキラリボシとナナシキブの播種を行った。播種にあたり両品種について複数の試験区を設け、栽植密度と窒素施肥量を以下のように設定した。

栽植密度は、25cm畦間の狭畦で条播きする密植と、秋播き栽培における標準である50cm畦間で条播きする標準植の2水準を設けた。なお、それぞれの水準におけ

る播種量は密植を行った区で1m²あたり0.33g、標準植を行った区で1m²あたり0.16gとなる。

窒素施肥量は、単位施用量がN-4.0kg/10a、N-8.0kg/10a、およびN-12.0kg/10aとなる3水準を設けた。窒素源には尿素肥料を用いた。また、全ての区に単位施用量が12.0kg/10aとなるようリン酸を40苦土重焼リンにより施用した。カリについては、播種前の診断の結果、土壌に一般畑地の適正含量値(15-30mg/土100g)を上回る量の交換性カリが含まれていることが分かったため、本試験では施用を行わなかった。これまでの報告により、ナタネの栽培では追肥の効果があまりないことが分かっている(Cheema et al. 2001)。そこで、本試験ではすべての肥料を基肥として試験区に全層施用した。

栽植密度(密植と標準植)と窒素施肥量(4.0kg/10a、8.0kg/10a、および12.0kg/10a)の相互組み合わせにより、それぞれの品種に対して6つの処理区を設定した。1処理区の面積を6m×8mとし、その内部に2m×3mから

なる小区画をそれぞれ4つずつ配置した。これらの小区画を試験における反復区とみなし計測対象とした。それ以外の領域をボーダーとした。

2. 調査項目

キラリボシ、およびナナシキブの個体が登熟期を迎えたときに、それぞれの処理区のボーダーから無作為に10個体を選び根ごと収穫した。そして、それぞれの個体について表1に示す諸特性を記載の方法により計測した。乾物重の計測は、植物体を70℃に設定した送風乾燥機で定重量になるまで乾燥させたのちに行った。また、個体の収穫を行う際に、物理的な衝撃に伴い脱粒が生じてしまった。そのため、個体に稔ったすべての種子を採取することができず、総種子重量の正確な計測を行えなかった。総種子重量については、別途計測した種子の100粒重、個体の莢数、および1莢粒数の値を用いることで概算した。

表1 個体別、および処理区別に行った特性調査の項目とその計測方法

調査項目	
個体別調査	
草丈	地際から最上位の花序の先端までの長さを草丈とする
分枝数	主茎から出ている一次分枝、および一次分枝から出ている二次分枝の合計数をその個体の分枝数とする
種子100粒重	収穫した種子を70℃に設定した乾燥機で定重量になるまで乾燥させる。完熟した種子をランダムに100粒選び重量を計測する
莢数	完熟種子を包含している莢の数をその個体の莢数とする
1莢粒数	個体ごとにランダムに選んだ20莢について、それぞれの莢に入っている種子の数の平均値をその個体の1莢粒数とする
総種子重量	100粒重/100×莢数×1莢粒数によって概算する(本文参照)
地上部乾物重量	個体から根部と莢を取り除いた残りの部位を70℃に設定した乾燥機で定重量になるまで乾燥させた。この部位の乾物重量と種子総重量の和をその個体の地上部乾物重量とする
根部乾物重量	収穫した根から土を落とし、70℃に設定した乾燥機で定重量になるまで乾燥させる。その重量を計測し根部乾物重量とする
地上部/根部乾物重量比	地上部乾物重量と根部乾物重量の比を計算する
処理区別調査	
個体数	収穫時に各処理区のそれぞれの反復区内のすべての個体数を記録する。その平均値を当該区の個体数とする。値はm ² の個体数として表記する。
種子含油率	各処理区から収穫した種子を乾燥させた後、ジエチルエーテルを用いた簡易ソックスレー抽出法により種子重量中の含油率を計測する。計測は各処理区につき4反復行う。
種子収量1)	各処理区のそれぞれの反復区内にあるすべての株から種子を収穫する。得られた種子を70℃に設定した乾燥機で定重量になるまで乾燥させ、重量を計測する。値はm ² あたりの種子収量として表記する。
油脂収量1)	各処理区のそれぞれの反復における種子収量に当該区の種子含油率をかけた値を油脂収量とする。

1) キラリボシについての計測方法は本文を参照

各処理区内のそれぞれの反復区について、表1に示す項目を記載の方法により計測した。計測にあたり、収穫は手刈により行った。収穫個体は雨に濡れないように注意し、天日で乾燥させた。乾燥後、脱穀機を用いて植物体から種子を脱粒させ風選により回収を行った。

3. 統計処理

各調査項目について得られたデータは、すべて正規性を示した。そこで、データの評価にはパラメトリック法に基づく統計解析を行った。計測値に対する栽植密度と窒素施肥の効果を明らかにするため、2つの処理を変動因子とした二元分散分析を行った。処理の効果、あるいは処理間の相互効果が認められた計測項目については、引き続きTukeyの事後検定を行い処理間の平均値の差を検定した。統計解析を行うにあたり、コンピュータソフトMicrosoft Excel™(マイクロソフト社)、およびSPSS ver. 19(SPSS 株式会社)を用いた。

結 果

1. キラリボシ、およびナナシキブの生長パターン

キラリボシ、ナナシキブとも、それぞれ全ての処理区の個体がほぼ同じ生長パターンを示した。両品種の各処理区とも、播種後6日目の5月13日に一斉に出芽を開始した。開花開始日は、キラリボシが7月14日、ナナシキブが7月11日であり、5月初旬に播種を行った本試験での到花日数はいずれも約70日となった。終花日は、キラリボシが8月21日、ナナシキブが8月24日で、開花開始から終花までの期間は両品種で等しく約40日となった。登熟日は、キラリボシが9月16日であったのに対し、ナナシキブが9月22日であった。播種から種子が完熟までに要する日数は、キラリボシで132日、ナナシキブで138日となった。

2. 異なる栽植密度・窒素施肥条件におけるナタネ個体の特性

キラリボシについて個別に行った特性調査の結果を

表2に示した。

キラリボシでは、栽培時の栽植密度や窒素施肥の違いにより、個体の草型や収量構成要素に差が生じた。草丈に対しては栽植密度と窒素施肥の効果が認められ、密植を行った区よりも標準植を行った区で値が高く、また、窒素肥料を4kg/10a施用した区に比べ、8kg/10aあるいは12kg/10a施用した区で値が高かった。分枝数に対しては、栽植密度と窒素施肥の相互効果が認められた。統計学的に有意な差ではないものの、密植を行った場合は窒素肥料を多施用することで個体の分枝数が多くなり、標準植を行った場合は逆に窒素肥料を少施用することで個体の分枝数が多くなる傾向が認められた。分枝数と分枝の平均長の間には負の相関があり、分枝の少ない個体ほど長い分枝をもつ傾向を示した(データ不掲載)。

収量構成要素については、1莢粒数で窒素施肥の効果が認められ、窒素肥料を4kg/10a施用した区に比べ、8kg/10a、あるいは12kg/10a施用した区で莢あたりの粒数が多くなる傾向を示した。一方、種子100粒重と莢数については、処理の効果が認められず、処理区間に明確な値の差が見られなかった。その結果として、個体の総種子重量に関しては、処理の違いによる値の差が認められなかった。

乾物生産量を見ると、地上部乾物重量に対しては処理の効果が認められず、処理区間に明確な値の差が見られなかった。ただし、窒素肥料を4kg/10a施用した区に比べ、8kg/10a、あるいは12kg/10a施用した区で値が高くなる傾向を示した。根部乾物重量に対しては、窒素施肥の効果が認められ、窒素肥料を8kg/10a施用した区では、4kg/10a施用した区より重量が軽かった。また、12kg/10a施用した区においても4kg/10a施用した区より根の乾物重量が軽くなる傾向が見られた。地上部/根部乾物重量比に対しては、栽植密度と窒素施肥の効果、および両者の相互効果が認められた。標準植では窒素肥料を8kg/10a、あるいは12kg/10a施用した区で値が高かった。密植でも窒素肥料を多く施用した区で値が高くなる傾向が見られた。この傾向から、キラリボシでは窒素肥料を多施用した場合、特に標準植条件下では、植物体の資源がより地上部へと配分されるようになることが分かる。

表2 異なる栽培条件下におけるキラリボシ個体の形態・生長特性。すべてのデータの標本数はN=10である。

計測項目	栽植密度	窒素施肥量(/10a)						平均値 ¹⁾	
		4 kg		8 kg		12kg			
草 丈 (cm)	密植	151.7 ± 12.4	a ³⁾	168.5 ± 10.9	b	162.6 ± 17.2	ab	160.9 ± 13.5	a
	標準植	158.3 ± 10.5	a	181.0 ± 15.5	c	170.9 ± 7.3	bc	170.1 ± 11.1	b
	平均値 ²⁾	155.0 ± 11.5	a	174.8 ± 13.2	b	166.8 ± 12.3	b		
分 枝 数	密植	13.8 ± 6.1	bc	13.0 ± 5.0	bc	17.3 ± 6.2	ab	14.7 ± 5.8	
	標準植	17.3 ± 5.7	ab	14.9 ± 4.8	bc	10.9 ± 5.1	c	14.4 ± 5.2	
	平均値	15.6 ± 5.9		14.0 ± 4.9		14.1 ± 5.7			
種 子 100 粒 重 (g)	密植	0.28 ± 0.01		0.29 ± 0.03		0.29 ± 0.02		0.28 ± 0.02	
	標準植	0.31 ± 0.03		0.30 ± 0.02		0.29 ± 0.03		0.30 ± 0.03	
	平均値	0.29 ± 0.02		0.29 ± 0.02		0.29 ± 0.03			
莢 数	密植	206.4 ± 126.8		199.7 ± 95.9		239.7 ± 99.6		215.3 ± 107.4	
	標準植	207.1 ± 101.7		219.9 ± 103.5		173.3 ± 92.8		200.1 ± 99.3	
	平均値	206.8 ± 114.3		209.8 ± 99.7		206.5 ± 96.2			
1 莢 粒 数	密植	16.8 ± 1.8	ab ³⁾	18.1 ± 1.9	ab	17.5 ± 2.0	ab	17.5 ± 1.9	a
	標準植	16.2 ± 2.3	a	18.8 ± 2.6	bc	17.2 ± 2.3	ab	17.4 ± 2.4	a
	平均値	16.5 ± 2.1	a	18.5 ± 2.3	b	17.4 ± 2.2	ab		
総 種 子 重 量 (g)	密植	9.6 ± 5.6		10.5 ± 5.7		12.1 ± 5.3		10.7 ± 5.5	
	標準植	10.7 ± 6.7		13.0 ± 6.8		8.5 ± 4.6		10.7 ± 6.0	
	平均値	10.2 ± 6.2		11.7 ± 6.2		10.3 ± 5.0			
地 上 部 乾 物 重 量 (g)	密植	22.7 ± 11.3		26.9 ± 9.2		26.6 ± 9.6		25.4 ± 10.0	
	標準植	26.3 ± 14.2		31.4 ± 9.6		24.8 ± 8.9		27.5 ± 10.9	
	平均値	24.5 ± 12.8		29.2 ± 9.4		25.7 ± 9.3			
根 部 乾 物 重 量 (g)	密植	3.7 ± 2.0	a	2.8 ± 0.9	ab	3.2 ± 1.2	a	3.2 ± 1.4	a
	標準植	3.3 ± 1.9	ab	2.1 ± 1.2	b	2.4 ± 1.3	ab	2.6 ± 1.4	a
	平均値	3.5 ± 2.0	a	2.5 ± 1.0	b	2.8 ± 1.2	ab		
地 上 部 / 根 部 乾 物 重 量 比	密植	6.9 ± 2.8	a	9.9 ± 3.7	b	8.8 ± 4.0	ab	8.5 ± 3.5	a
	標準植	8.5 ± 2.4	ab	22.0 ± 17.0	c	10.4 ± 3.2	bc	13.6 ± 7.6	b
	平均値	7.7 ± 2.6	a	15.9 ± 10.4	b	9.6 ± 3.6	ab		

1)栽植密度別の平均値

2)窒素施肥量別の平均値

3)Tukeyの事後検定の結果、5%水準で値に差が認められたものの間に異なる文字をふった。

ナナシキブについて個別に行った特性調査の結果を表3に示した。

ナナシキブでは、キラリボシと異なり、栽植密度や窒素施肥の違いによる草型や収量構成要素の変化があまり生じなかった。草丈と分枝数、およびに収量構成要素の種子100粒重、莢数、1莢粒数のいずれに対しても処理の効果が認められず、それぞれ処理区間に明確な値の差が見られなかった。ただし莢数に関しては、統計学的に有意な差ではないものの密植を行った区よりも標準植を行った区で数が多くなる傾向を示した。その結果として、個体の総種子重量は密植を行った区よりも標準植を行った区で重くなった。

地上部乾物重量と根部乾物重量に関しても、栽植密度や窒素施肥の効果が認められず、それぞれ処理区間に明確な値の差が見られなかった。その結果、地上部/根部乾物重量比も処理の違いによる値の差が見られなかった。

3. 異なる栽植密度・窒素施肥条件における単位面積収量

栽培期間中の2009年8月13日に、1日で20.5mmの激しい降雨があった。その際にキラリボシでは、栽植密度に関わらず窒素肥料を8kg/10a以上施用したすべての区で8割以上の株が倒伏した。一方、窒素肥料を4kg/10aしか施用しなかった区では、密植、標準植とも倒伏はほ

表3 異なる栽培条件下におけるナナシキブ個体の形態・生長特性。すべてのデータの標本数はN=10である。

計測項目	栽植密度	窒素施肥量(/10a)						平均値 ¹⁾	
		4 kg		8 kg		12kg			
草 丈 (cm)	密植	141.5 ± 21.2	147.8 ± 19.6	146.2 ± 15.2	145.2 ± 18.7				
	標準植	139.4 ± 17.1	148.7 ± 15.4	140.5 ± 14.5	142.9 ± 15.7				
	平均値 ²⁾	140.5 ± 19.2	148.3 ± 17.5	143.4 ± 14.9					
分枝数	密植	11.5 ± 6.3	10.3 ± 5.8	13.2 ± 4.9	11.7 ± 5.7				
	標準植	15.6 ± 8.7	14.2 ± 7.7	10.7 ± 5.5	13.5 ± 7.3				
	平均値	13.6 ± 7.5	12.3 ± 6.8	12.0 ± 5.2					
種子100粒重 (g)	密植	0.36 ± 0.01	0.37 ± 0.02	0.40 ± 0.02	0.38 ± 0.02				
	標準植	0.39 ± 0.01	0.38 ± 0.02	0.39 ± 0.02	0.39 ± 0.02				
	平均値	0.38 ± 0.01	0.38 ± 0.02	0.40 ± 0.02					
莢数	密植	205.1 ± 99.8	161.5 ± 114.1	182.7 ± 129.2	183.1 ± 114.4				
	標準植	259.1 ± 211.1	264.7 ± 178.7	209.4 ± 146.3	244.4 ± 178.7				
	平均値	232.1 ± 155.5	213.1 ± 146.4	196.1 ± 137.8					
1 莢粒数	密植	19.6 ± 2.5	18.4 ± 1.8	18.5 ± 2.3	18.8 ± 2.2				
	標準植	19.1 ± 3.9	19.5 ± 3.3	18.7 ± 2.8	19.1 ± 3.4				
	平均値	19.3 ± 3.2	19.0 ± 2.5	18.6 ± 2.6					
総種子重量 (g)	密植	14.4 ± 6.9 b ³⁾	11.3 ± 8.0 b	14.2 ± 11.3 ab	13.3 ± 8.7 a				
	標準植	18.3 ± 13.7 a	20.7 ± 15.1 a	15.6 ± 10.9 ab	18.2 ± 13.2 b				
	平均値	16.4 ± 10.3 a	16.0 ± 11.5 a	14.9 ± 11.1 a					
地上部乾物重量 (g)	密植	33.2 ± 17.9	31.9 ± 36.9	30.5 ± 15.5	31.9 ± 23.4				
	標準植	44.0 ± 31.7	43.6 ± 25.4	29.9 ± 17.0	39.2 ± 24.7				
	平均値	38.6 ± 24.8	37.8 ± 31.2	30.2 ± 16.3					
根部乾物重量 (g)	密植	5.3 ± 2.2	5.4 ± 5.1	5.8 ± 3.1	5.5 ± 3.5				
	標準植	6.3 ± 4.8	5.9 ± 4.5	6.4 ± 2.7	6.2 ± 4.0				
	平均値	5.8 ± 3.5	5.6 ± 4.8	6.1 ± 2.9					
地上部/根部 乾物重量比	密植	6.8 ± 3.3	6.3 ± 3.2	6.6 ± 3.9	6.6 ± 3.5				
	標準植	15.1 ± 6.0	9.7 ± 7.3	5.2 ± 2.8	10.0 ± 5.4				
	平均値	11.0 ± 4.7	8.0 ± 5.2	5.9 ± 3.3					

1) 栽植密度別の平均値

2) 窒素施肥量別の平均値

3) Tukeyの事後検定の結果、5%水準で値に差が認められたもの間に異なる文字をふった。

とんど起こらなかった。これに対しナナシキブでは、同じ降雨条件のなかいずれの区においても株の倒伏がほとんど起こらなかった。

キラリボシでは、窒素肥料を8kg/10aや12kg/10a施用した区で、倒伏による株の損傷や脱粒が多発し正確な種子収量と油脂収量の評価が行えなかった。そこで、キラリボシでは個体の総種子重量に当該区の個体数をかけることで、単位面積あたりの種子収量を概算した。また、得られた単位面積あたりの種子収量に含油率を掛けることで、単位面積あたりの油脂収量を概算した。得られたデータの解析には、それぞれ栽植密度と窒素施肥を処理要素とした繰り返しのない二元分散分析を行った。

キラリボシ、およびナナシキブの処理別に行った調査の結果を表4、および表5に示した。

キラリボシの試験区では、単位面積あたりの個体数に対して栽植密度と窒素施肥の効果、およびそれらの相互効果が認められた。個体数は密植を行った区で多かった。また、窒素肥料を多施用した区で個体数が少なくなる傾向が見られた。種子含油率に対しては窒素施肥の効果が認められ、窒素肥料を8kg/10a施用した区で値が低くなった。これは、倒伏による影響で窒素肥料を8kg/10a施用した区の収穫物に未熟種子が多く含まれていたことに起因するもので、窒素肥料による直接的な効果ではないと考えられる。種子収量と油脂収量に対しては共に栽植

十勝地方において春播きしたナタネの収量に栽植密度、および窒素施肥量の違いがおよぼす影響

表4 キラリボシの各処理区について計測した個体数、種子含油率、および収量。すべてのデータの標本数はN=4である。

計測項目	栽植密度	窒素施肥量(/10a)			平均値 ¹⁾
		4 kg	8 kg	12kg	
個体数	密植	312.8 ± 35.1 a ³⁾	309.8 ± 24.8 a	244.0 ± 21.5 b	288.9 ± 27.1 a
	標準植	168.8 ± 35.5 b	136.0 ± 17.3 b	153.8 ± 29.7 b	152.9 ± 27.5 b
	平均値 ²⁾	240.8 ± 35.3 a	222.9 ± 21.1 a	198.9 ± 25.6 b	
種子含油率 (%)	密植	40.4 ± 6.8 a	30.7 ± 2.6 b	35.3 ± 2.3 c	35.4 ± 3.9 a
	標準植	36.4 ± 3.3 ac	33.5 ± 1.9 cd	40.1 ± 3.3 ad	36.7 ± 2.9 a
	平均値	38.4 ± 5.1 a	32.1 ± 2.3 b	37.7 ± 2.8 a	
種子収量 (g/m ²)	密植	502.1	544.3	492.3	512.9
	標準植	301.6	294.4	217.6	271.2
	平均値	401.9	419.4	355.0	LSD 109.4 ⁴⁾
油脂収量 (g/m ²)	密植	202.8	166.9	173.7	181.1
	標準植	109.6	98.7	87.3	98.5
	平均値	156.2	132.8	130.5	LSD 37.9

1)栽植密度別の平均値

2)窒素施肥量別の平均値

3)Tukeyの事後検定の結果、5%水準で値に差が認められたもの間に異なる文字をふった。

4)計測項目の最小有意差

表5 ナナシキブの各処理区について計測した個体数、種子含油率、および収量。すべてのデータの標本数はN=4である。

計測項目	栽植密度	窒素施肥量(/10a)			平均値 ¹⁾
		4 kg	8 kg	12kg	
個体数	密植	228.5 ± 33.2 a ³⁾	192.0 ± 38.7 ab	167.8 ± 30.0 b	196.1 ± 34.0 a
	標準植	107.0 ± 45.9 bc	107.0 ± 21.9 c	92.3 ± 37.5 c	102.1 ± 35.1 b
	平均値 ²⁾	167.8 ± 39.5 a	149.5 ± 30.3 a	130.1 ± 33.8 a	
種子含油率 (%)	密植	34.9 ± 1.8 a	36.4 ± 1.3 ab	36.8 ± 3.4 ab	36.0 ± 2.2
	標準植	40.4 ± 1.6 b	34.4 ± 1.2 a	38.8 ± 1.2 ab	37.9 ± 1.3
	平均値	37.7 ± 1.7	35.4 ± 1.2	37.8 ± 2.3	
種子収量 (g/m ²)	密植	136.2 ± 30.9 a	98.0 ± 5.4 b	93.7 ± 8.8 bc	109.3 ± 15.0 a
	標準植	76.7 ± 12.6 c	92.6 ± 24.8 bc	77.1 ± 24.3 bc	82.1 ± 20.6 b
	平均値	106.5 ± 21.8 a	95.3 ± 15.1 a	85.4 ± 16.6 a	
油脂収量 (g/m ²)	密植	47.5 ± 10.8 a	33.3 ± 1.8 b	34.5 ± 3.2 b	38.4 ± 5.3 a
	標準植	31.0 ± 5.1 b	31.8 ± 8.5 b	29.9 ± 9.4 b	30.9 ± 7.7 b
	平均値	39.3 ± 8.0 a	32.6 ± 5.2 a	32.2 ± 6.3 a	

1)栽植密度別の平均値

2)窒素施肥量別の平均値

3)Tukeyの事後検定の結果、5%水準で値に差が認められたもの間に異なる文字をふった。

密度の効果が認められた。種子収量は密植を行った区で明らかに高かった。油脂収量に関しても密植を行った区で値が高く、標準植を行った区の約1.8倍の収量となった。密植を行った区の中では窒素肥料を4kg/10a 施用した区で最も油脂収量が高かった。

ナナシキブの試験区では、個体数に対する栽植密度の

効果が認められ、密植を行った区で単位面積あたりの個体数が多くなった。また、密植を行った区については窒素肥料を多施用するほど個体数が少なくなる傾向が見られた。種子含油率に対しては、栽植密度や窒素施肥の効果が認められなかった。ただし、栽植密度と窒素施肥の相互効果が存在し、標準植で窒素肥料を4kg/10a 施用し

た区で値が高くなる傾向を示した。種子収量と油脂収量に関しては栽植密度の効果が認められた。また、種子収量については栽植密度と窒素施肥の相互効果も認められた。種子収量、油脂収量とも密植を行った区で値が高かった。密植を行った区の中では窒素肥料を4kg/10a 施用した区でそれぞれの値が最も高かった。

考 察

1. 2009年におけるナタネの生育

2009年上半期の北海道は、低温、多雨、寡照のため、多くの作物が生育不良を起こした。ナタネについても、作付面積が日本一である滝川市の記録では2009年度の10a 収量が例年に比べ低下した(私報, 空知農業改良普及センター中空知支所)。本試験で栽培したナタネに対しても栽培期間中に同じ障害がおよぼされたと考えられる。

ナタネの生育にとって、多雨は生育遅延や登熟株の倒伏、穂発芽、菌核病などを誘引し、日照不足は登熟不良など種子生産に悪影響をおよぼす(関谷ら 1964; 稲永ら 1974)。播種を行った5月の気象は平年並みであったが、6月と7月の月積算降雨量はそれぞれ132.0mmと242.5mmで、それぞれ平年値に比べ46.1mmと148.1mmも多かった。また、6月に関しては月積算日照時間が119.2時間で、平年値に比べ25.6時間も少なかった(帯広測候所 2009)。気温については、栽培期間を通じ平年並みであった。本試験では播種から収穫まで、キラリボシで132日、ナナシキブで138日を要した。日照や降水量が平年並みであったならこの期間がより短かった可能性がある。また、種子生産量がより高かった可能性やキラリボシの倒伏が回避できたことも考えられる。

本試験では5月7日に播種を行ったが、ナタネの発芽特性上もっと早期に播種を行うことも可能であった(志賀 2001)。播種日を変えることによって、倒伏の回避や収量の改善を図ることの検討が必要となる。

2. 春播き栽培によるキラリボシとナナシキブの収量

キラリボシ、ナナシキブとも、25cm 畦間による密植

を行うことで50cm 畦間の標準植を行った場合に比べ単位面積あたりの種子収量や油脂収量が高くなった。キラリボシでは、栽植密度により個体の種子生産量が変化しないことから、収量の差が処理区間の個体数の差に起因するものと考えられる。ナナシキブでは、密植を行うことで個体あたりの種子生産量が低下した。ナナシキブは生育後期に分枝を横に張り出すように伸長する特性を持つ。そのため、密植条件下では開花以降に個体間の干渉が強まり、莢数の減少といった生殖器官の生長抑制が生じたと考えられる。しかしながら、収量に対しては、個体あたりの種子生産量の低下よりも、密植による個体数の増加の方がより強く影響をおよぼしていると考えられる。

両品種とも、密植を行った区の中では、窒素肥料を4kg/10a 施用した区で油脂収量が最も高くなった。これも窒素肥料を4kg/10a 施用した区では、他の区に比べ生育した個体数が多かったことに起因すると考えられる。多くの作物において、密植条件下で窒素肥料を多施用すると、過繁した分枝の干渉により個体間の競争が高まるということが知られている(Mahmood *et al.* 1998; 中野ら 2003; 前川と国分 2007)。本試験のナタネにおいても、密植を行い窒素肥料を8kg/10a や12kg/10a 施用した区では個体間の競争が強まり、結果的に単位面積あたりの個体数が少なくなってしまったのではないかと推測できる。

3. 十勝におけるナタネの春播き栽培の可能性

本試験では、キラリボシで最大約550g/m²の種子収量が期待できた。これに比較すると、ナナシキブでは種子収量が最大で約140g/m²程度と低い値だった。しかし、ナナシキブの種子収量に関しては手刈りで収穫した際の脱粒による収穫ロスが含まれている。ナナシキブについても、キラリボシと同様に個体の総種子重量に単位面積あたりの個体数をかけることで単位面積あたりの種子収量を概算すると、その値は約550g/m²で、キラリボシの期待種子収量と同等になった。十勝における秋播きナタネの栽培では、平均収量は300g/m²程度と報告されている(梶山ら 2009)。本試験の結果から、春播き栽培を行った場合も秋播き栽培を行った場合に相当する種子収量

を得られることが示唆される。

本試験では、キラリボシ、ナナシキブとも25cm 畦間の密植栽培により収量が高まった。ナタネの春播き栽培では、栽培期間中の雑草の防除が大きな問題になってくる。本試験を行った圃場では、ナタネの出芽が雑草の発生に先んじたため、初期生育における雑草との競合は問題とならなかった。しかし、栽培が進むにつれて雑草の発生が目立つようになった。目測であるが、雑草の発生量は密植を行った区に比べ標準植を行った区で明らかに多かった。本試験では、除草剤は使用せず、人力による耕起的手法で除草を行ったが、ナタネの生長が進むにつれ、作業はとて難になった。密植を行い、空間的に雑草の発生を抑えることは省力栽培を目指すうえでも効果的であると考えられる。一般に、ナタネの秋播き栽培で条播きを行う場合、畦間を50-75cm とし個体密度を50~100個体/m²程度になるようにする(遠藤ら 1982)。春播き栽培では、収量や雑草防除の点から畦間をその1/2~1/3程度まで狭め、高い密度条件で栽培を行った方が好ましいと考えられる。本試験の結果では、キラリボシで約300個体/m²、ナナシキブで約230個体/m²の個体密度で最も収量が高くなった。

キラリボシ、ナナシキブとも窒素肥料を8kg/10a 以上施用しても種子収量や油脂収量の大幅な増加が期待できなかった。またキラリボシでは、窒素肥料を多施用することで根部に比べ地上部が発達したバランスの悪い草型となり、倒伏を起しやすくなった。本試験では手刈りによる収穫を行ったが、株の倒伏は収穫作業を非常に困難なものにし、減収の原因となる。さらに、倒伏した株では種子が未熟化することが多く、収穫物の品質が低下する。通常秋播き栽培では基肥と越年後の追肥を合わせて窒素肥料を10-15kg/10a 程度施用する(斉藤 2001)。環境保全型農業の実践を見据えた「最低限の肥料による作物栽培」が求められているなか、収量やコストなどの点を踏まえつつ環境負荷の軽減を考慮した場合、ナタネの春播き栽培では窒素施肥量を8kg/10a よりも少なく抑えたほうが好ましいと考えられる。

結 語

十勝地方におけるナタネの栽培は秋播きが主流である。しかし、本試験により春播き栽培を行った場合も秋播き栽培を行った場合と同程度の収量を得られることが示唆され、十勝でもナタネの春播き栽培が可能であることが示された。キラリボシ、ナナシキブとも密植を行い、単位面積あたりの個体数を多くすることで多収となった。また、窒素肥料を8kg/10a 以上施用した場合に増収は期待できず、倒伏の危険性が高まった。このことから、ナタネの春播き栽培では、秋播き栽培を行う場合に比べ栽植密度を高くし、窒素施肥量を少なく抑えた栽培が好ましいと考えられる。

本報告は2009年度単年の試験結果である。翌2010年は、平年と比較し夏期の平均気温と降水量がとて高く、作物の生育に大きな障害が起きた年となった。2010年に本試験と同じ試行を反復したのだが、試験栽培をしたナタネの生育が極めて悪く、その結果を本試験の結果と比較検討できなかった。今後、本試験と同様の施行を反復し結果の年次間比較を行うことで、より正確なデータの集積を図る必要がある。

謝 辞

本試験で用いたナナシキブの種子を提供していただくとともに、ナタネの栽培に関する様々な助言をいただいた有限会社影山製油所の影山陽美氏に心よりお礼を申し上げます。また、本試験で用いたキラリボシの種子を提供していただいた社団法人北海道総合研究調査会に深く感謝いたします。

引用文献

- Cheema MA, Malic MA, Hussain A, Shah SH, Basra SMA. 2001. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of canola (*Brassica napus* L.).

Journal of Agronomy and Crop Science 186: 103-110
 遠藤武男, 金子一郎, 柴田倅次, 菅原 俐. 1982. 栽植密度とナタネの生育・収量の品種間差異. 東北農業研究 31:125-126
 茨城県農業総合センター. 2008. <http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/noken/>
 稲永 忍, 玖村敦彦. 1974. ナタネの物質生産に関する研究 第一報 生育に伴うナタネ個体群の光合成能ならびに呼吸能の推移. 日本作物学会記事 43: 261-266
 井熊 均. 2008. 図解入門よくわかる最新バイオ燃料の基本としくみ 一次世代エネルギーの動向がわかるバイオマス燃料の現在・未来・課題. pp. 183, 秀和システム, 東京
 梶山 努, 白井康裕, 松永 浩, 原 圭祐, 西村直樹, 沢口敦史. 2009. 畑作地帯におけるなたねの導入条件と栽培法. 北海道農業研究成果情報 平成21年度:80-81
 前川富也, 国分牧衛. 2007. 根粒菌着生ダイズ品種作系4号の宮城県における生育・収量 一栽植密度の効果一. 日本作物学会記事 73:253-261
 Mahmood T, Kuroda T, Saitoh K. 1998. Growth and yield components behavior at different planting densities in determinate and indeterminate type of soybean. 日本作物学会中国支部研究収録 39:1-12
 森 高伸. 2009. 滝川のなたね栽培. 特産種苗 5: 44-47
 中 鐘徳. 2001. 秋作地帯・機械化一貫栽培<キザキノナタネ>. 農山漁村文化協会編, 転作全書第三巻 雑穀, pp. 407-411, 農山漁村文化協会, 東京
 中野尚夫, 氏平洋二, 石田喜久男. 2003. ハトムギ (*Coix lacryma-jobi* L. var *frumentacea* Makino) における栽植密度と生育・収量の関係. 日本作物学会記事 72:32-37
 農林水産統計. 2011. <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>
 帯広測候所. 2009. <http://www.jma-net.go.jp/obihiro/>
 斎藤正志. 2001. 寒地での栽培 I. 寒地でのナタネ栽培

上の要点. 農山漁村文化協会編, 転作全書第三巻 雑穀, pp. 364-374, 農山漁村文化協会, 東京
 関谷直正, 上野徳男. 1964. 激発気象条件下におけるナタネ菌核病の発生経過について. 日本植物病理学会報 29:278
 志賀敏夫. 2001. 生育のステージと生理, 生態 I. 発芽から抽苔までの生理, 生態. 農山漁村文化協会編, 転作全書第三巻 雑穀, pp. 295-303, 農山漁村文化協会, 東京
 欧文表題: Effects of plant density and nitrogen application on the yield of spring-sowing canola.

Abstract

The effects of plant density and nitrogen application to the yield of canola, "Kirariboshi" and "Nanashikibu", sowed in the spring were studied for understanding optimal cultivation methods of spring-sowing canola in Tokachi. The experiment had 2 x 3 factorial designs for respective varieties with plant density (dense planting by 25cm furrow and standard planting in winter-sowing canola by 50cm furrow) and nitrogen application (N-4.0kg/10a, N-8.0kg/10a, and N-12.0kg/10a) as factors. The seeds of Kirariboshi and Nanashikibu were sown in those 6 experimental plots on 7-May 2009. Then, at the harvest time, morphological characters of individual plants, and grain-yield and oil-yield per unit area were recorded for the respective treatment plots. Positive effect of nitrogen application to the plant height was detected for Kirariboshi. Plants in the plots with the nitrogen application of 8.0kg/10a and 12kg/10a were taller than those in the rest plots, resulting in severe lodging during the cultivation period. In both of the varieties, higher grain-yield and oil-yields were observed at the plots where dense planting was performed. Among the dense planting plots of Nanashikibu, both yields came to be the highest with nitrogen application of 4.0kg/10a. It is considered that the dense planting by narrower furrow than the standard

十勝地方において春播きしたナタネの収量に栽植密度、および窒素施肥量の違いがおよぼす影響

spacing of winter-sowing canola, and nitrogen application less than 8.0kg/10a are appropriate for the cultivation of spring-sowing canola in Tokachi with regard to the yields as well as the prevention of plant lodging.