

長期トウモロコシ-イタリアンライグラス体系へのダイズ, ダイコンの導入が その後の収量性に及ぼす影響

白木一英*, 山本泰由, 松尾和之, 辻博之
(農業・生物系特定産業技術研究機構)

要旨: トウモロコシ-イタリアンライグラス体系を長期継続した圃場へのダイズ, ダイコンおよび休閒の1, 2年間の導入が, その後のトウモロコシとイタリアンライグラスの収量に及ぼす影響について検討した. その結果, ダイズ, ダイコンおよび休閒の1年間導入と2年間導入との間には差異が認められず, 後作1作目トウモロコシの生育と収量はダイズ導入跡ではトウモロコシ-イタリアンライグラス体系を継続したイネ科連作跡よりも優り, ダイコン導入跡および休閒跡ではイネ科連作跡に比べ初期生育がやや劣る傾向を示したものの収量はほぼ同等となった. このイネ科作物の連作中断の影響に関わる要因には無機態窒素などの残存する土壤養分のみならずアーバスキュラー菌根菌が関与することが推察された. しかし, 後作2作目イタリアンライグラスや後作3作目トウモロコシの収量にはイネ科作物連作の中断による影響は認められなかった. 今後, ダイズ, ダイコン以外の作物の導入についても検討を要するが, 長期にわたるトウモロコシ-イタリアンライグラス体系の1, 2年間の中断がその後のトウモロコシとイタリアンライグラスの収量性に及ぼす影響は中断後の1作目にほとんど限られると考えられた.

キーワード: アーバスキュラー菌根菌, イタリアンライグラス, 作付体系, トウモロコシ, 連作中断.

我が国の温暖地の飼料畑では夏作としてトウモロコシあるいはソルガム, 冬作としてイタリアンライグラスなどのイネ科作物に片寄せた作付けが行われている. 東日本ではトウモロコシとイタリアンライグラスの組み合わせが, 一方, 西日本ではトウモロコシかソルガムにイタリアンライグラスまたはムギ類を組み合わせる体系が多い(雑賀1998). このように, イネ科作物を主体とした作付けが長期にわたって継続されている飼料畑では生産性の低下が懸念され, 飼料の安定自給の視点から輪作の重要性が指摘されている(花井1987). 一般に多くの畑作物では連作障害が発生することが知られており, 飼料用トウモロコシも連作によって収量が低下するといわれている(飯田1984, 1985). また, 主要な畑作物では連作障害を回避し, 安定生産を図るために必要となる輪作年限は4~6年と推定される(注: 北海道北見試験場1981, 北農研究シリーズⅦ北見農試資料第3号 畑作物の連・輪作に関する長期試験, 北農会, 北海道, 66-69). このような連作と輪作の違いが作物の生育や収量に及ぼす影響には窒素やリン酸などの土壤養分や土壤伝染性病虫害が関与することが指摘されている(大久保1973, 1984, 源馬1981, 奥村2000). 一方, Arihara and Karasawa (2000) は, アーバスキュラー菌根菌との共生関係とそれへの依存性が強いトウモロコシの収量は前作の種類によって著しく異なり, 前作がアーバスキュラー菌根菌の宿主作物である場合には増収し, 逆にアブラナ科作物などの非宿主作物である場合には例えば土壤中に養分が十分であっても低収となることを明らかにしている. また, アーバスキュラー菌根菌の孢子密度は同菌の宿主作物が作付けされない場合には減少することが明らかにされている(Johnson1991, Isoi1997, 白木・山本2003).

このアーバスキュラー菌根菌は根に共生してリン酸などの作物の養分吸収を促進することが知られている(Black and Tinker 1979, Vivekanandan and Fixen 1991, 磯部・坪木1997). 以上のように連作や輪作において前作物が後作物に及ぼす影響に関わる要因は多岐にわたるとともにそれらの影響の継続性についての情報が望まれる. そこで, 温暖地の飼料畑に多くみられるトウモロコシ-イタリアンライグラス体系を長期間継続している畑へイネ科以外の作物を導入した影響を明らかにするためにダイズ(アーバスキュラー菌根菌宿主作物), ダイコン(同菌非宿主作物)および休閒の1, 2年間の導入, すなわちイネ科作物の連作の中断が後作のトウモロコシとイタリアンライグラスの収量性に及ぼす影響について土壤の無機養分含量およびアーバスキュラー菌根菌孢子密度との関係から検討した.

材料および方法

試験区の設定と耕種方法

試験は, 1982年から1994年までの13年間, トウモロコシ-イタリアンライグラス体系(1988と1989年の冬作はライムギ)を継続した中央農業総合研究センターの淡色黒ボク土の圃場で行った. 1995年にこのイネ科飼料作物の長期連作圃場において第1表に示したトウモロコシ-イタリアンライグラス体系を継続するイネ科連作(対照)区とこの体系を中断してダイズ, ダイコンおよび休閒をそれぞれ2年間導入する各処理区(以下, 連作中断年数2年と記載)を設けた. さらに1996年に2年間導入と同様のイネ科連作(対照)区とダイズ, ダイコンおよび休閒をそれぞれ1年間導入する各処理区(以下, 連作中断年数1年と記載)を設けた. 連作中断年数1年, 連作中断年数2年とも

第1表 試験圃場の作付体系.

処理	1982~1994年		1995年		1996年	
	夏作	冬作	夏作	冬作	夏作	冬作
(連作中断年数)	(2年)					
イネ科連作(対照)区 ¹⁾	トウモロコシ ²⁾	イタリアンライグラス ³⁾	トウモロコシ	イタリアンライグラス	トウモロコシ	イタリアンライグラス
ダイズ導入区	トウモロコシ	イタリアンライグラス	ダイズ ⁴⁾	休閒	ダイズ	休閒
ダイコン導入区	トウモロコシ	イタリアンライグラス	休閒	ダイコン ⁵⁾	休閒	ダイコン
休閒導入区	トウモロコシ	イタリアンライグラス	休閒	休閒	休閒	休閒
(連作中断年数)	(1年)					
イネ科連作(対照)区	トウモロコシ	イタリアンライグラス	トウモロコシ	イタリアンライグラス	トウモロコシ	イタリアンライグラス
ダイズ導入区	トウモロコシ	イタリアンライグラス	トウモロコシ	イタリアンライグラス	ダイズ	休閒
ダイコン導入区	トウモロコシ	イタリアンライグラス	トウモロコシ	イタリアンライグラス	休閒	ダイコン
休閒導入区	トウモロコシ	イタリアンライグラス	トウモロコシ	イタリアンライグラス	休閒	休閒

¹⁾ イネ科連作(対照)区はトウモロコシ-イタリアンライグラス体系の継続. ただし1988年と1989年の冬作はライムギ: *Secale cereal* L.

²⁾ トウモロコシ: *Zea mays* L.

³⁾ イタリアンライグラス: *Lolium multiflorum* Lam.

⁴⁾ ダイズ: *Glycine max* (L.) Merr.

⁵⁾ ダイコン: *Raphanus sativus* L.

第2表 供試作物, 品種, 播種日, 収穫日ならびに施肥量.

年次	作物名	品種名	播種日	収穫日	施肥量 g m ⁻²					
					基肥			追肥		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1995年	トウモロコシ	「パイオニア 3352」	5月11日	8月30日	10	10	10			
	イタリアンライグラス	「ワセアオバ」	10月3日	4月22日	10	10	10	5	0	5
	ダイズ	「タチナガハ」	5月11日	10月26日	3	10	10			
	ダイコン	「耐病総太り」	9月12日	12月1日	21	32	21			
1996年	トウモロコシ	「パイオニア 3352」	5月16日	8月27日	10	10	10			
	イタリアンライグラス	「ワセアオバ」	9月26日	4月23日	15	10	15	5	0	5
	ダイズ	「タチナガハ」	5月16日	10月25日	3	10	10			
	ダイコン	「耐病総太り」	9月10日	11月26日	21	32	21			
1997年	トウモロコシ	「パイオニア 3352」	5月16日	8月25日	10	10	10			
	イタリアンライグラス	「ワセアオバ」	9月13日	4月20日	10	10	10	5	0	5
1998年	トウモロコシ	「パイオニア 3352」	5月21日	9月1日	10	10	10			

それぞれの処理は4反復した. 供試した作物の品種および施肥量は第2表に示した. 作物の残渣はダイズの落葉を除きすべて圃場から搬出した. なお, 1995年まではトウモロコシの播種前に搾乳牛のスラリーを10aあたり8t施用していたが, 1996年以降はスラリーや堆肥の施用は行わなかった. 1997年にイネ科連作の中断の有無と中断年数を異にする上記8処理区の跡へトウモロコシ(以下, 後作1作目トウモロコシと記載)とイタリアンライグラス(以下,

後作2作目イタリアンライグラスと記載), 1998年にトウモロコシ(以下, 後作3作目トウモロコシと記載)を作付けた.

調査項目および調査方法

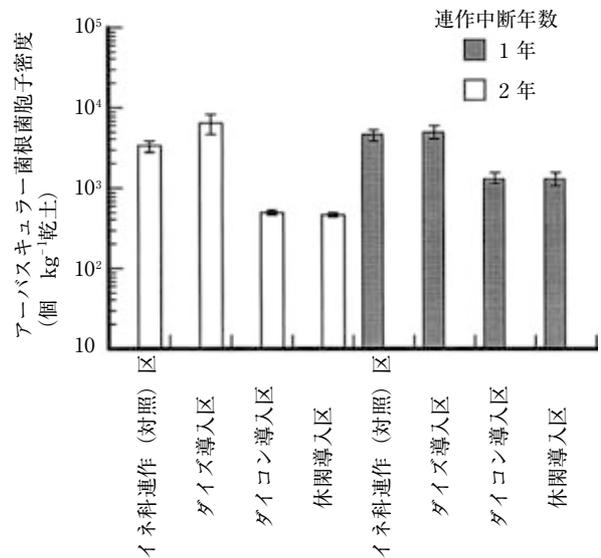
後作1作目トウモロコシ, 後作2作目イタリアンライグラスおよび後作3作目トウモロコシのそれぞれ播種前の1997年5月と9月, 1998年5月に各処理区跡の土壌を地

第3表 後作1作目トウモロコシ播種前の土壌の養分含量 (1997年5月).

処理	無機態窒素	熱水抽出窒素	可給態リン酸	交換性カリウム	交換性カルシウム	交換性マグネシウム
	N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
(mg kg ⁻¹ 乾土)						
(連作中断年数)	(2年)					
イネ科連作(対照)区	5.7a	39.9a	23.5a	341a	3380a	666b
ダイズ導入区	11.6c	40.2a	24.7a	420a	3600a	660b
ダイコン導入区	11.3bc	35.1a	29.6a	463a	3340a	570a
休閒導入区	9.4b	37.6a	24.5a	370a	3600a	667b
(連作中断年数)	(1年)					
イネ科連作(対照)区	6.0a	43.6a	19.9a	323a	3470a	464a
ダイズ導入区	8.2b	43.8a	24.6a	451bc	3310a	453a
ダイコン導入区	7.2b	39.4a	30.6a	465bc	3250a	397a
休閒導入区	8.1b	41.8a	21.9a	550c	3190a	454a

同一アルファベット間には5%水準で有意差がない (Fisher's PLSD による).
 養分含量は地表面から 30 cm 深までの土層の値.

表面から深さ 30 cm まで採取し, 土壌養分含量すなわち無機態窒素, 可給態リン酸および交換性陽イオン (カリウム, カルシウムおよびマグネシウム) の測定に供した. 無機態窒素は 2 規定の塩化カリウム溶液で抽出後, TRAACS-800 (ブラン・ルーベ社) によって測定した. 可給態リン酸はブレイ第二法 (準法) (南條 1986) によって測定した. 交換性陽イオンは簡易法・バッチ法-b (亀和田 1986) によって測定した. なお, 1997 年 5 月に採取した土壌については熱水抽出窒素の測定も行った. アーバスキュラー菌根菌の孢子密度は, 土壌を地表面から深さ 15 cm まで採取し, 篩別-シヨ糖遠心法 (齋藤 1992) によって分離, 計数した. 後作 1 作目トウモロコシの初期生育は, 播種後 48 日目の 7 月 8 日に平均的な生育を示した個体, 1 区につき 6 株を採取し, 株あたりの乾物重を求めた. 黄熟期の乾物収量は 8 月 31 日に 1 区につき 4 m² を刈り取り, 10a あたりの乾物重を求めた. 後作 1 作目トウモロコシのアーバスキュラー菌根菌の感染率は, 播種後 48 日目に乾物重を測定した株の種子根を採取し, 齋藤 (1992) の方法により測定した. 播種後 48 日目の養分含有率は, 乾物重測定後のサンプルを粉碎, 窒素は NC-800 (住化分析センター) を用い, リンはバナドモリブデン酸法, カリウム, カルシウム, マグネシウムについてはサンプルを硝酸-過酸化水素で湿式灰化したのち, カリウムは蛍光分析法, カルシウムとマグネシウムは原子吸光法によって測定した. 後作 2 作目イタリアンライグラスの草丈は播種後 192 日目の 3 月 23 日と出穂期の 4 月 19 日に測定し, 出穂期の乾物収量は 4 月 20 日に 1 区につき 4 m² を刈り取り, 乾物重を求めた. 後作 3 作目トウモロコシの初期生育は, 播種後 38 日目の 6 月 18 日に株あたりの乾物重を, 乾物収量は黄熟期の 9 月 1 日に 10a あたりの乾物重を調査した.



第1図 後作1作目トウモロコシ播種前のアーバスキュラー菌根菌孢子密度 (1997年5月).
 縦棒は標準誤差 (n=4) を示す.

第4表 後作1作目トウモロコシの播種後48日目におけるアーバスキュラー菌根菌の感染率 (1997年7月).

処理	感染率 (%)
(連作中断年数)	(2年)
イネ科連作(対照)区	69.9b
ダイズ導入区	67.8b
ダイコン導入区	32.3a
休閒導入区	31.6a
(連作中断年数)	(1年)
イネ科連作(対照)区	79.3b
ダイズ導入区	77.4b
ダイコン導入区	38.2a
休閒導入区	32.4a

同一アルファベット間には5%水準で有意差がない (Fisher's PLSD による).

第5表 後作1作目トウモロコシの初期生育と収量 (1997年7月, 8月, 9月)。

処理	播種後48日目の乾物重 (g 株 ⁻¹)	絹糸抽出期までの日数 (日)	黄熟期乾物収量 (kg10a ⁻¹)
(連作中断年数)		(2年)	
イネ科連作(対照)区	1.33a	75b	1556a
ダイズ導入区	2.11b	69a	1853b
ダイコン導入区	1.07a	77b	1678a
休閒導入区	0.96a	77b	1566a
(連作中断年数)		(1年)	
イネ科連作(対照)区	1.64bc	70a	1885a
ダイズ導入区	2.02c	70a	2072b
ダイコン導入区	1.31ab	74b	1999ab
休閒導入区	0.98a	74b	1894a

同一アルファベット間は5%水準で有意差がない (Fisher's PLSDによる)。

第6表 後作1作目トウモロコシの播種後48日目の養分含有率 (1997年7月)。

処理	窒素含量 N	リン含量 P	カリウム含量 K	カルシウム含量 Ca	マグネシウム含量 Mg
	(% 乾物換算)				
(連作中断年数)	(2年)				
イネ科連作(対照)区	3.92b	0.23b	3.97a	0.25a	0.30a
ダイズ導入区	3.45a	0.31c	4.54a	0.25a	0.30a
ダイコン導入区	4.09b	0.18ab	4.25a	0.33a	0.28a
休閒導入区	3.35a	0.17a	3.65a	0.30a	0.29a
(連作中断年数)	(1年)				
イネ科連作(対照)区	3.75a	0.31c	4.20a	0.25a	0.30a
ダイズ導入区	3.62a	0.32c	5.03a	0.25a	0.26a
ダイコン導入区	3.62a	0.24b	4.11a	0.33a	0.31a
休閒導入区	3.32a	0.18a	4.07a	0.30a	0.32a

同一アルファベット間は5%水準で有意差がない (Fisher's PLSDによる)。

結 果

1. 後作1作目トウモロコシの生育・収量

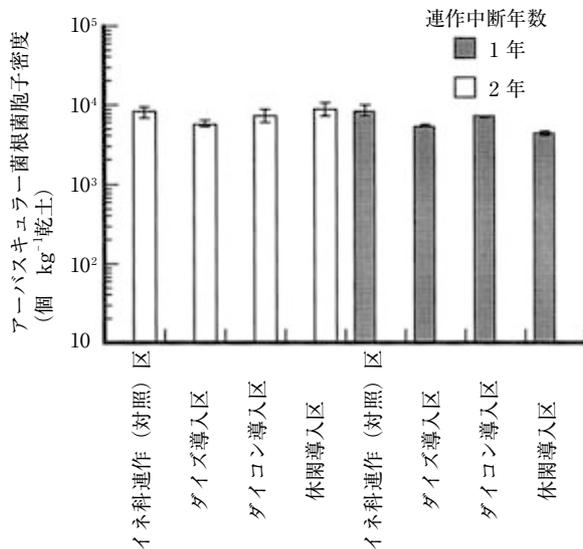
トウモロコシの播種前における土壌の無機態窒素とカリウムは、ダイズ、ダイコン、休閒の導入によってイネ科連作(対照)区に比べ含量が高まる傾向にあったが、土壌の熱水抽出窒素や可給態リン酸、交換性カルシウム、交換性マグネシウムはそれらの間にはっきりした差異が認められなかった(第3表)。アーバスキュラー菌根菌孢子密度は、イネ科連作(対照)区とダイズ導入区では乾土1kgあたり4600個を上回っていたが、ダイコン導入区と休閒導入区ではイネ科作物の連作(対照)区に比べ明らかに低く、乾土1kgあたり1300個以下であった(第1図)。アーバスキュラー菌根菌の感染率は孢子密度と同様の傾向が認められ、イネ科連作(対照)区とダイズ導入区ではダイコン

導入区と休閒導入区に比べ約2倍高かった(第4表)。トウモロコシの初期生育(播種後48日目の地上部乾物重)は、イネ科作物の連作(対照)区に比べダイズ導入区では優るが、ダイコン導入区および休閒導入区ではやや劣る傾向を示した。また、黄熟期の乾物収量はダイズ導入区で有意に増大したがその他の処理区では有意な差が認められなかった(第5表)。なお、播種から絹糸抽出期に到達するまでの日数はダイコン導入区および休閒導入区に比べてダイズ導入区とイネ科連作(対照)区では短縮され、最大で8日の差が生じた(第5表)。播種後48日目のトウモロコシの養分含有率を見ると、リンは生育の劣る傾向を示したダイコン導入区と休閒導入区がイネ科連作(対照)区とダイズ導入区に比べ少ないことが認められた(第6表)。しかし、窒素はイネ科作物の連作中断年数によって傾向が異なり、その他の養分に関しては処理間差が認められなかった。

第7表 後作2作目イタリアンライグラス播種前の土壌の養分含量 (1997年9月)。

処理	無機態窒素	可給態リン酸	交換性カリウム	交換性カルシウム	交換性マグネシウム
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O (mg kg ⁻¹ 乾土)	CaO	MgO
(連作中断年数)	(2年)				
イネ科連作(対照)区	6.2b	17.6a	283a	3850a	703b
ダイズ導入区	6.2b	23.1a	228a	3930a	692b
ダイコン導入区	4.7a	23.9a	328a	3650a	615a
休閒導入区	4.6a	22.5a	252a	4090a	711b
(連作中断年数)	(1年)				
イネ科連作(対照)区	6.3a	24.9a	412a	3440a	647a
ダイズ導入区	5.6a	25.4a	558a	3300a	652a
ダイコン導入区	4.6a	27.1a	444a	3350a	547a
休閒導入区	3.6a	23.7a	299a	3510a	647a

同一アルファベット間には5%水準で有意差がない (Fisher's PLSD による)。
養分含量は地表面から 30 cm 深までの土層の値。



第2図 後作2作目イタリアンライグラス播種前のアーバスキュラー菌根菌胞子密度(1997年9月)。縦棒は標準誤差 (n=4) を示す。

2. 後作2作目イタリアンライグラスと後作3作目トウモロコシの生育・収量

後作2作目イタリアンライグラス播種前における土壌の無機態窒素, 可給態リン酸, 交換性カリウム, 交換性カルシウム, アーバスキュラー菌根菌の胞子密度は作物導入処理跡に明確な差が認められなかった(第7表, 第2図)。また, イタリアンライグラスの生育(播種後192日目の草丈)と出穂期の乾物収量は有意な処理間差が認められなかった(第8表)。

後作3作目トウモロコシの播種前における土壌中の無機態窒素, 可給態リン酸, 交換性陽イオンの各養分およびアーバスキュラー菌根菌の胞子密度は後作2作目イタリアンライグラス播種前と同様に明確な差異が認められなかった

(データ省略)。また, トウモロコシの初期生育(播種後38日目の乾物収量)と黄熟期の乾物収量にも有意な処理間差が認められなかった(第9表)。

考 察

アーバスキュラー菌根菌はイネ科やマメ科などの多くの作物と共生関係を結ぶが, タデ科やアブラナ科などの作物とは共生できないためにこれら非宿主作物を栽培すると菌密度は減少し(Black and Tinker 1977, Johnsonら1991, Ellisら1992, Isoi 1997), アーバスキュラー菌根菌の宿主作物跡に比べ非宿主作物跡では後作物の同菌の感染率が劣ることが報告されている(Black and Tinker 1979, Vivekanandan and Fixen 1991, Arihara and Karasawa 2000)。本試験においてもアーバスキュラー菌根菌非宿主作物跡であるダイコン導入区と休閒導入区では宿主作物跡であるイネ科連作(対照)区やダイズ導入区に比べて同菌の胞子密度および感染率が低く, 後作1作目トウモロコシの初期生育はイネ科連作(対照)区に比べて劣った(第5表)。さらに, 初期生育の時点においてイネ科連作(対照)区やダイズ導入区ではリンの吸収が高まる傾向にあった。この後作1作目トウモロコシの初期生育の促進はアーバスキュラー菌根菌によるリン吸収量の増加が関係していると推察された(第5, 6表)。なお, 戸澤(1981)は生育初期からのリンの欠乏はトウモロコシの生育を著しく不良にすることを明らかにしている。しかし, イネ科連作(対照)区の収量はダイズ導入区に比べやや劣るが, 初期生育とは異なりダイコン導入区, 休閒導入区との間に差が認められなくなった(第5表)のは, 生育後期にはトウモロコシの根密度が増大することで根による養分吸収が促進されてアーバスキュラー菌根菌の効果が相対的に縮小した可能性や同菌感染が進展して感染率の差が解消した可能性が考えられる。また, ダイズ導入区がイネ科連作(対照)区に比べ

第8表 後作2作目イタリアンライグラスの生育と収量 (1998年3月, 4月).

処理	播種後192日目の草丈 (cm)	出穂期の乾物収量 (kg 10a ⁻¹)
(連作中断年数) (2年)		
イネ科連作(対照)区	39.1a	547a
ダイズ導入区	41.5a	561a
ダイコン導入区	43.7a	605a
休閒導入区	43.1a	557a
(連作中断年数) (1年)		
イネ科連作(対照)区	45.3a	583a
ダイズ導入区	45.1a	555a
ダイコン導入区	45.9a	575a
休閒導入区	45.0a	527a

同一アルファベット間は5%水準で有意差がない (Fisher's PLSD法).

第9表 後作3作目トウモロコシの初期生育と収量 (1998年6月, 9月).

処理	播種後38日目の乾物重 (g 株 ⁻¹)	黄熟期乾物収量 (kg 10a ⁻¹)
(連作中断年数) (2年)		
イネ科連作(対照)区	1.20a	1633a
ダイズ導入区	1.57a	1723a
ダイコン導入区	1.49a	1625a
休閒導入区	1.49a	1683a
(連作中断年数) (1年)		
イネ科連作(対照)区	1.86a	1710a
ダイズ導入区	2.13a	1733a
ダイコン導入区	1.99a	1780a
休閒導入区	1.92a	1770a

同一アルファベット間は5%水準で有意差がない (Fisher'sのPLSD法).

多収であった要因は明らかにできなかったが、ダイズ導入区は生育初期のアーバスキュラー菌根菌の感染率がイネ科連作(対照)区と同等であることから感染していたアーバスキュラー菌根菌の種の違い(江沢ら1995)や土壌に残存する無機態窒素が関わっていた可能性が考えられた。

アーバスキュラー菌根菌の孢子密度や感染率の推移に関して、Isoi(1997)は、アーバスキュラー菌根菌の孢子密度の高低差が夏期の宿主作物の栽培によって消失することを報告している。また、Black and Tinker(1979)は非宿主作物跡や休閒跡に栽培したオオムギのアーバスキュラー菌根菌の感染率は低下するが、これらの跡に宿主作物を栽培することによって後作2作目のオオムギの同菌感染率は向上することを明らかにしている。本試験においても後作

1作目トウモロコシの播種前(作物・休閒導入処理跡)に認められたアーバスキュラー菌根菌孢子密度の顕著な差は、後作1作目トウモロコシの作付けによって解消された(第2図)ことから、後作2作目イタリアンライグラスや後作3作目トウモロコシの生育・収量(第8, 9表)に対するアーバスキュラー菌根菌の影響に差が認められなくなったと考えられた。なお、今後、本試験とは施肥量が著しく異なる作物を導入した場合の影響について検討が必要であるが、本試験では後作2作目以降の収量に対する連作中断の影響は認められなかった(第8, 9表)。

以上のように、長期トウモロコシ-イタリアンライグラス体系における1, 2年間のイネ科作物の連作中断がその後のトウモロコシとイタリアンライグラスの収量性に及ぼ

す影響はほとんど中断後の1作目に限られると考えられた。

引用文献

- Arihara, J. and T. Karasawa 2000. Effect of previous crops on arbuscular mycorrhizal formation and growth of succeeding Maize. *Soil Sci. Plant Nutr.* 46 : 43—51.
- Black, R.L.B. and P.B. Tinker 1977. Interaction between effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza and fertiliser phosphorus on yields of potatoes in the field. *Nature* 267 : 510—511.
- Black, R.L.B. and P.B. Tinker 1979. The development of endomycorrhizal root systems - II. Effect of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in barley and on the endophyte spore density. *New phytol.* 83 : 401—413.
- Ellis, J.R., W. Roder and S.C. Mason 1992. Grain sorghum- soybean rotation and fertilization influence on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56 : 789—794.
- 江沢辰広・桑原慎也・吉田富男 1995 Arbuscular 菌根菌と宿主植物の親和性, および宿主植物の違いが菌根間競争に及ぼす影響. *土と微生物* 45 : 9—19.
- 源馬琢磨 1981. 飼料作物栽培における連作障害と対策. *畜産の研究* 35 : 39—45.
- 花井雄次 1987. 汎用水田における作付体系. *研究ジャーナル* 10 : 28—32.
- 飯田克実 1984. 飼料作物の作付体系と輪作. *畜産の研究* 38 : 33—38.
- 飯田克実 1985. サイレージ用トウモロコシの連作障害と対策. *自給飼料* 4 : 2—6.
- 磯部勝孝・坪木良雄 1997. インゲンマメ栽培における Arbuscular 菌根菌の利用に関する研究 - 有効態リン含量が Arbuscular 菌根菌の感染に及ぼす影響と菌根間での生育の比較 -. *日作紀* 66 : 374—380.
- Isoi, T. 1997. Comparison of arbuscular mycorrhizal fungal flora under different cropping systems in Light-colored andosol of Japan. *Soil Microorg.* 50 : 61—64.
- 亀和田國彦 1986. 交換性陽イオン・陰イオン. *土壤標準分析・測定法委員会編 日本土壤肥料学会監修土壤標準分析・測定法*. 博友社, 東京. 215—219.
- Johnson, N.C., F.L. Pflieger, R.K. Crookston, S. Simmons and P.J. Copeland 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizas respond to corn and soybean cropping history. *New phytol.* 117 : 657—663.
- 南條正巳 1986. 可給態リン酸. *土壤標準分析・測定法委員会編 日本土壤肥料学会監修土壤標準分析・測定法*. 博友社, 東京. 127—133.
- 大久保隆弘 1973. 輪作の栽培学的意義に関する研究. *東北農業試験場報告*. 46 : 1—62.
- 大久保隆弘 1984. 作付体系の農業的意義. 栗原浩教授定年退官記念出版会編 *耕地利用と作付体系 - 栗原浩教授定年退官記念論文集 -*. 大明堂, 東京. 127—133.
- 奥村正敏 2000. 十勝地方における連輪作土壌の微生物特性とインゲン根腐病の生態的制御に関する土壤肥料学的研究. *北海道立農試報告*. 97 : 1—101
- 雑賀優 1998. 飼料作物の栽培. *最新畜産学*. 朝倉書店, 東京. 165—168.
- 齋藤雅典 1992. 菌根菌の観察 分離と同定. *土壤微生物研究会編 新編土壤微生物実験法*. 養賢堂, 東京. 297—311.
- 戸澤英男 1981. 要素吸収と施肥の基本. *トウモロコシの栽培技術*. 農文協, 東京. 97—115.
- 白木一英・山本泰由 2003. 温暖地における畑作付体系の違いがアーバスキュラー菌根菌の密度と後作物の生育・収量に及ぼす影響. *日作紀* 72 : 158—162.
- Vivekanandan, M. and P.E. Fixen 1991. Cropping systems effects on mycorrhizal colonization, earlil growth, and phosphorus uptake of corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55 : 136—140.

Effects of the Interruption of Alternating Cropping of Corn and Italian Ryegrass with Soybean or White Radish Cropping or Fallowing on the Growth and Yield of the Crops in Succeeding Seasons : Kazuei USUKI^{*1)}, Hiroyuki YAMAMOTO²⁾, Kazuyuki MATSUO²⁾, Hiroyuki TSUJI¹⁾. (¹⁾National Agricultural Research Center for Hokkaido Region, Memuro 082-0071 Japan; ²⁾National Agricultural Research Center)

Abstract : The effects of interruption of alternating cropping of corn and Italian ryegrass with one or two years of soybean or white radish cropping or fallowing on the growth and yield of these crops in succeeding seasons were examined. Experiments were conducted in the field of andosol in Ibaraki, Japan, where corn and Italian ryegrass were alternately cultivated for a long period. The effects of the interruption for one year and that for two years were not distinguishable. The corn yield in the first season after the interruption with soybean cropping was higher than that in continuous alternating corn / Italian ryegrass cropping. However, the corn yield after interruption with white radish cropping or fallowing was similar to that in continuous alternating cropping, although it depressed the early growth of corn and the colonization of arbuscular mycorrhizal fungi. Such effect of interruption was observed only in the first season after the interruption. The interruption of sequential cropping did not affect the yield of Italian ryegrass in the second season; neither did it affect the yield of maize in the third season. Our results indicated that the effect of short-term interruption of sequential cropping of corn / Italian ryegrass was observed only in the first season after the interruption.

Key words : Arbuscular mycorrhizal fungi, Corn, Cropping system, Italian ryegrass, Interruption of alternating cropping.