

キマメを基本にした間作栽培における根系の構造と機能

農業研究センター 片山勝之

はじめに

間作によって期待されることは自然災害による作物の損失に対する危険分散の効果、雑草繁茂や土壌流亡の抑制、病虫害発生の軽減等の他に、限られた光、水及び養分資源の利用率の向上にあると考えられる。

ところで、インドやアフリカの半乾燥熱帯地域では中生種のキマメ (*Cajanus cajan* L.) を基本にした様々な間作が行われている (Enyi 1973; Venkateswarlu and Subramanian 1990)。この間作の特徴として、生育期間が異なる作物が組み合わせられ、随伴作物が2~4ヶ月に対して、キマメは7ヶ月と長い。

一方、これらの地域では経済的な理由から間作される作物にはほとんど施肥が実践されていないにもかかわらず、持続的な作物生産が行われている。この観点から Ae *et al.* (1990) はキマメによるリン酸吸収について解明しているが、窒素動態に関してはほとんど明らかにされていない。そこで、インドの国際半乾燥熱帯作物研究所 (ICRISAT) において、キマメを基本にした間作の窒素動態に関する調査と間作構成作物の根系分布の調査を行い、いくつか知見が得られたのでここに紹介する。

単作及び間作による各作物の窒素動態の比較

収穫期のキマメ (Pp) の窒素含量 (TN) は、単作あるいは間作によって両者間で有意差は認められなかった (第1表) (Katayama *et al.* 1996b より改変)。しかしながら、単作のキマメは土壌窒素及び施肥窒素からの依存率 (%N_{dfs}, %N_{dff}) 及び依存量 (N_{dfs}, N_{dff}) が間作のキマメと比べて有意に高かった。キマメの随伴作物がイネ科 (ソルガム: So、パールミレット: Pm)、マメ科 (ラッカセイ: Gn、カウピー: Cp) に関係なく、間作されたキマメは単作のキマメに比べ空中窒素固定の依存率 (%N_{dfa}) を有意に高めた。しかしながら、キマメの窒素固定量 (N_{dfa}) は単作あるいは間作によって両者間で有意差は認められなかった。また、間作によってキマメの肥料窒素利用効率は単作に比べ有意に低下した。ラッカセイ以外の随伴作物では、収穫期の窒素含量 (TN) において、単作、間作に関わらず両者間で有意差は認められなかった。ところで前年度にも同様な調査を行っているが、この時は随伴作物がイネ科で間作されたキマメの空中窒素固定の依存率が単作されたキマメよりも有意に高かった (Katayama *et al.* 1995)。従って、両年の結果から少なくともイネ科とキマメの間作ではキマメの空中窒素固定の依存率が高まることが認められた。

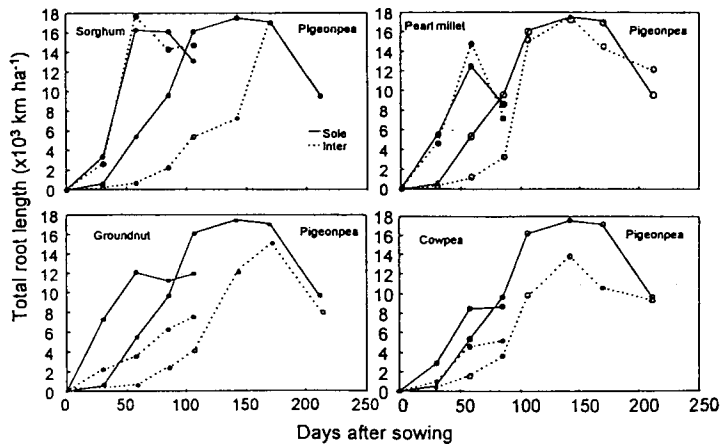
単作及び間作による各作物の根系の比較

第1表 収穫期における単作および間作による5作物の全窒素含量(TN)、肥料窒素依存率(%N_{eff})、肥料窒素依存量(N_{eff})、肥料利用効率(NFUE)、窒素固定依存率(%N_{dfa})、窒素固定依存量(N_{dfa})、土壌窒素依存率(%N_{ofs})及び土壌窒素依存量(N_{ofs})

作物	随伴作物	TN kg/ha	%N _{eff} %	N _{eff} kg/ha	NFUE %	%N _{dfa} %	N _{dfa} kg/ha	%N _{ofs} %	N _{ofs} kg/ha
Pp	None	122.8	3.9	4.8	19.3	30.4	37.6	65.7	80.4
	So	89.0	1.6	1.4	5.7	59.2	52.6	39.2	35.0
	Pm	97.4	1.6	1.6	6.3	73.1	70.6	25.3	25.2
	Gn	100.2	1.5	1.5	6.0	75.4	76.3	23.1	22.4
	Cp	113.1	1.9	2.1	8.5	56.2	65.7	41.9	45.3
	SE(±)	18.0 ^{N S *}	0.3 ^{**}	0.5 ^{**}	2.0 [*]	9.6 ^{**}	17.7 ^{N S}	9.6 ^{**}	9.6 ^{**}
So	None	85.3	8.2	7.2	28.8			91.8	78.1
	Pp	84.8	10.3	8.8	35.2			89.7	76.0
	SE(±)	8.9 ^{N S}	2.8 ^{N S}	1.6 ^{N S}	6.6 ^{N S}			2.9 ^{N S}	10.2 ^{N S}
Pm	None	57.6	11.0	6.8	27.3			89.0	50.8
	Pp	52.9	10.7	5.6	22.6			89.3	47.3
	SE(±)	16.5 ^{N S}	3.8 ^{N S}	3.4 ^{N S}	13.5 ^{N S}			3.8 ^{N S}	14.3 ^{N S}
Gn	None	156.0	4.3	6.6	26.6	46.3	71.9	49.4	77.4
	Pp	109.1	3.6	3.9	15.6	69.5	75.4	26.9	29.8
	SE(±)	4.2 ^{**}	0.6 ^{N S}	0.6 [*]	2.6 [*]	13.4 ^{N S}	15.6 ^{N S}	13.7 ^{N S}	19.5 ^{N S}
Cp	None	93.6	5.4	5.2	21.0	57.3	53.2	37.3	35.2
	Pp	87.3	5.3	4.7	18.8	69.1	60.2	25.6	22.4
	SE(±)	9.7 ^{N S}	1.9 ^{N S}	1.6 ^{N S}	6.6 ^{N S}	7.7 ^{N S}	8.5 ^{N S}	9.4 ^{N S}	9.7 ^{N S}

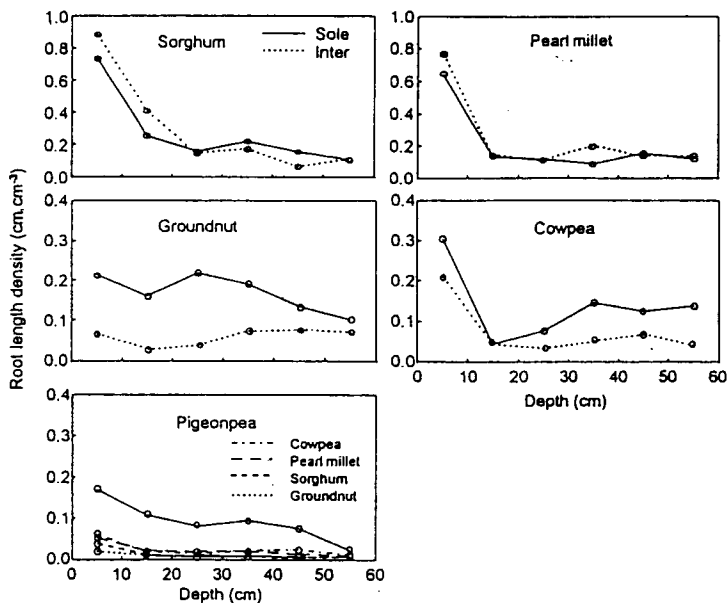
*):P<0.05,**):P<0.01,^{N S}):not significant.

キマメと間作(Intercrop)されたイネ科の全根長(Total Root Length)は、全生育期間において単作(Sole crop)されたイネ科の全根長と有意差は認められなかった(第1図)。マメ科の全根長は、間作によって有意に低下した。しかしながら、間作されたキマメの全根長は、随伴作物収穫後急激に単作の全根長と同程度までに回復がみられた。これは、随伴作物による遮光がなくなりキマメの光合成が十分行われるようになったことや開花後も栄養成長を続けることから根が深くまで伸張して養水分を獲得していた(Arihara *et al.* 1990)ことが推察された。播種後59日後の層別にみた根長密度(Root Length Density)において間作されたキマメは単作されたキマメに比べ全層で減少していた(第2図)。イネ科の根長密度はマメ科のそれに比べ表層で高かった。



第1図 モノリス法で測定された単作と間作栽培におけるイネ科とマメ科作物の全根長の推移。

(Katayama et al.1996a)。



第2図 播種59日後、モノリス法で測定された単作と間作栽培におけるイネ科とマメ科作物の根長密度。

(Katayama et al. 1996a

より改変)。

根系の発達と窒素動態

間作されたキマメは単作のキマメに比べ肥料と土壌からの窒素吸収量は少なかった。これはおそらく、随伴作物によるキマメの根域まで拡がった根により急速な窒素吸収が行われ、キマメの根域の可給態窒素濃度が低下したものと推察された。Ito et al. (1994) は播種後45日の単作ソルガムおよびソルガムとキマメの間作における浅層土壌中の硝酸態窒素はほとんど消失したが、単作キマメの土壌中にはかなりの硝酸態窒素が残っていたことを報告している。また、パールミレットとラッカセイの間作において、2作物の間に金属シート処理を施すと根が隣の間に入れなくなったためパールミレットの葉色が黄化したことが報告されている (Willey and Reddy 1981)。

兩年の結果からイネ科とキマメの間作によって窒素給源間の配分に影響がみら

れた。イネ科作物の土壌表層部の多くの根による窒素吸収によってキマメの根域の可給態窒素濃度は減少し、このことがキマメの窒素固定能力を高めたと推察された。一般に窒素固定能力は高窒素濃度下よりも低窒素濃度下で高まることが言われている(Herridge and Brockwell 1988)。同様にイネ科とマメ科作物の間作によってマメ科作物の窒素吸収に占める窒素固定量の割合が増大した報告はこれまで Danso *et al.*(1987)、Ofori *et al.* (1987)、Hardson *et al.* (1988)、Rerkasem *et al.* (1988)、Ofosu-Budu *et al.* (1993)、Tobita *et al.* (1994)によってなされている。

以上のことから、経済的理由から十分な施肥が実践できない半乾燥熱帯地域においては、空中窒素の利用効率が高まるキマメを基本にした間作が窒素肥料の有効利用の点から優れていることが示唆された。

引用文献

- Ae, N., J. Arihara, K. Okada, Y. Yoshihara, and C. Johansen 1990. *Science*, 248:477-480.
- Arihara, J., N. Ae, and K. Okada 1991. *Phosphorus Nutrition of Grain Legumes in the Semi-Arid Tropics*, 183-194.
- Danso, S.K.A., F. Zapata, and G. Hardson 1987. *Soil Biol. Biochem.*, 19:411-415.
- Enyi, B.A.C. 1973. *Exp. Agric.* 9:83-90.
- Hardson, G., S.K.A. Danso, and Z. Zapata 1988. *Crop Sci.*, 28:101-105.
- Herridge, D.F. and J. Brockwell 1988. *Soil Biol. Biochem.*, 20:711-717.
- Ito, O., R. Matsunaga, K. Katayama, S. Tobita, J.J. Adu-Gyamfi, T.P. Rao, and G. Devi 1994. *Proceedings of 15th World Congress of Soil Science*, 5b:48-49.
- Katayama, K., O. Ito, R. Matsunaga, J.J. Adu-Gyamfi, T.P. Rao, M.M. Anders, and K.K. Lee 1995. *Fertil. Res.*, 42:315-319.
- Katayama, K., J.J. Adu-Gyamfi, G. Devi, T.P. Rao, and O. Ito 1996a. *Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-Arid Tropics*, 199-209.
- Katayama, K., J.J. Adu-Gyamfi, G. Devi, T.P. Rao, and O. Ito 1996b. *Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-Arid Tropics*, 341-350.
- Ofori, F. and W.R. Stern 1987. *Adv. Agron.*, 41:41-90.
- Ofosu-Budu, G.K., D. Sumiyoshi, H. Matsuura, and K. Fujita 1993. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 39:33-42.
- Rerkasem, B., K. Rerkasem, M.B. Peoples, D.F. Herridge, and F.J. Bergersen 1988. *Plant and Soil*, 108:125-135.
- Tobita, S., O. Ito, R. Matsunaga, T.P. Rao, T.J. Rego, C. Johansen, and T. Yoneyama 1994. *Biol. Fertil. Soils*, 17:241-248.
- Willey, R.W. and M.S. Reddy 1981. *Exp. Agric.*, 17:257-264.
- Venkateswarlu, S. and V.B. Subramanian 1990. *Indian J. Agric. Sci.*, 60:106-109.

Root system development and function of component crops in pigeonpea-based intercropping.
Katsuyuki KATAYAMA