

カバークロップのマルチを導入した野菜生産

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	荒木, 肇
発行元	養賢堂
巻/号	85巻1号
掲載ページ	p. 155-160
発行年月	2010年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



カバークロップのマルチを導入した野菜生産

荒木 肇*

【キーワード】：、ヘアリーベッチ、エンバク、トマト、土壤環境、炭素隔離、窒素供給

1. はじめに

カバークロップは作物生産に先立って栽培され、その後のすき込みやマルチ処理とも結合して圃場環境の改善に寄与する。表1はアメリカノースカロライナ州立大学のカバークロップのサイトに掲載されていたカバークロップの機能を列記したものである。筆者ら(1999)も北陸地域でそれらの一部を確認している。一般に野菜は生育中の植物体や未熟または成熟途中の子実を収穫するため、畑作の食用や工芸作物より多肥栽培の傾向がある。その意味から野菜作にとってカバークロップ導入による「土

壤—植物間の窒素循環」(Wagger 1989, Holderbaum ら 1990)や「硝酸態窒素のリーチング量の減少」(Kuo ら 1996, Sainju ら 1998)は重要な特性である。

2. カバークロップの導入形態

カバークロップの導入方法にはすき込みとマルチがある。前者ではすき込み後に一定期間を置いて、カバークロップの分解を進めてから作物を栽培することが指摘される。露地トマト栽培において、ヘアリーベッチ (*Vicia villosa* R., 以下, HV) のマルチ圃場に比べ、HV すき込み圃場でのトマト収量の低下が観察された (Horimoto ら 2002)。この試験ではすき込み後すぐにトマトを定植する体系なので、緑肥が土壤中に投入されると一時的にピシウム菌等が増殖し、それがトマト生育を抑制したと考えられる。

マルチはリビングマルチとデッドマルチに大別される。リビングマルチは畦畔や農道での雑草侵入防止に利用されてきたが (藤井・有田 1998)、最近では、秋播き性のマメ科牧草を春季に刈り取った後に主作物を播種・定植し、再生してくる牧草をリビングマルチにしながらか生産する体系も研究されている (三浦 2009)。ポリエチレンフィルムマルチは自然には分解しないため回収と処分方法に難

表1 カバークロップの効果

1. 土壤エロージョン防止
 2. 土壤への有機物供給
 3. 土壤—作物間で窒素循環
 4. 硝酸態窒素のリーチング減少
 5. 雑草抑制
 6. 圃場における生物多様化
 7. 地温の低下・安定化
 8. 土壤水分保持
 9. 雨水のrun-offの減少
- Creamer (1999)を改編。



図1 ヘアリーベッチの繁茂、開花とそのデッドマルチ

*北海道大学北方生物圏フィールド科学センター (Hajime Araki)

点があるのに対し、カバークロップの植物残渣マルチは自然に分解し、回収作業が不要となり省力化につながる。

欧米では、カバークロップは元来土壌侵食を防止・軽減する目的で導入されたことから、不耕起や省耕起と結合して、カバークロップをデッドマルチとして利用した作物生産体系が発達している。すなわち、旺盛に生育したカバークロップの植物体を刈り倒したり、除草剤で枯らして、植物残渣をマルチとして地表面に残存させて作物栽培を行う体系である。植物残渣での地表面被覆を維持するには、その下の土壌は耕耘できないので不耕起圃場となる

(図1)。このような体系に適合するウインターカバークロップとしてはヘアリーベッチ、クリムゾンクローバー、サブタレーニアンクローバーが有望である。また、サマーカバークロップとしてはカウピーやミレットが有望とされているが、実践事例はウインターカバークロップが多い。

3. ヘアリーベッチマルチ不耕起の土壌環境と作物生産性

代表的なウインターカバークロップであるHVを新潟の露地栽培においてデッドマルチとした利用効果について紹介する。

(1) 土壌硬度

HV マルチ不耕起圃場において表層 0~7.5cm では耕起圃場よりも大きな硬度を示したが、地中 10cm では両圃場でも約 10kgf/cm² の硬度で、地中 10~20cm では耕起圃場が大きな硬度を示した (図

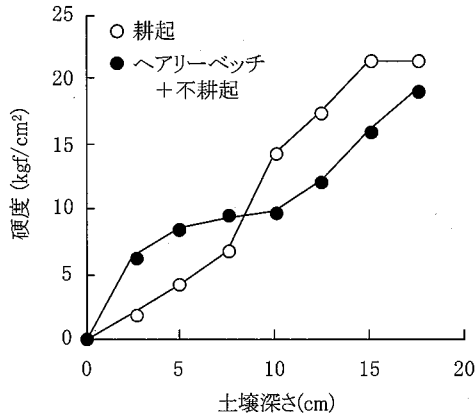


図2 耕起圃場とヘアリーベッチ不耕起圃場における土壌硬度
Araki and Ito (1999) を改編.

2). HV マルチ不耕起圃場は表層が堅いため苗の移植作業に難点が多いが、根の発育に問題はないといえる。HV マルチ圃場では裸地に比べ、土壌硬度が低下している場合もあり、これは土壌表層での団粒化の促進 (McVey ら 1989) やHV 根による孔隙の増加によるとされている。

(2) 地温

HV マルチ下では裸地に比べ、日較差が小さい傾向が認められた (図3)。さらに8月3日には裸地で 32°Cに上昇した地温を 26.5°Cに抑制した。秋季の9月16日では昼夜とも約 20°Cで推移し、10月22日には無被覆圃場で 11°Cにまで低下する地温を 14~15°Cに維持した。多くの植物の根の生長適温は

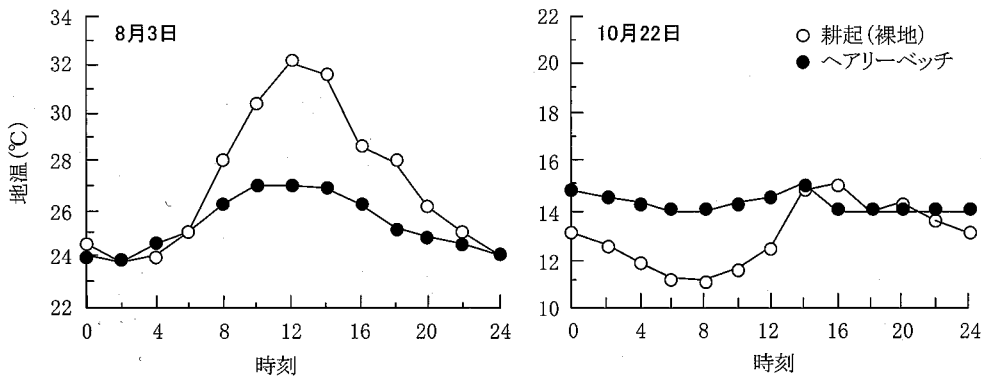


図3 ヘアリーベッチマルチ圃場における地温の推移
土壌深 15cm, Araki and Ito (1999) を改編.

20~25℃であり、HV マルチ下では盛夏は冷却、晩秋には保温により、裸地に比べて地温を根の生長適温に近づけ、安定させる効果が認められた。この特性は他の植物性マルチでも同様である。黒色ポリエチレンフィルムは、気温の低い時期には保温効果があるものの、夏期に地温は30℃以上に上昇し、根域を不適環境にしてしまう欠点がある。植物質マルチによる夏季の地温上昇の抑制は重要な特徴である (Teasdale and Mohler 1993)。

(3) 土 壌 水 分

植物の吸水しやすさの評価には pF を用いる。pF とは土中の水が土壤の毛管力によって引きつけられている程度を表わす値で、土が乾燥していると pF 値は高くなり、植物が吸水するのに強い力が必要となる。7~8月の降雨後の調査で、裸地では急激に土壤の乾燥が進行して pF 値が上昇したが、HV マルチ下では pF 値の上昇は緩慢で保水性が認められた (図4)。土壤水分の保持は不耕起圃場の特徴であるが (Ungar and Wiese 1979, Kanazawa 1995, Sakai 1988), HV マルチ圃場では土壤への物理性 (透水性) の改善 (McVey ら 1989) や地表面からの蒸発抑制 (Sainju and Singh 1997) も同時に作用し、水分保持効果が高まったと考えられる。

(4) 窒 素 供 給

ほとんどの畑作物は硝酸態窒素を吸収する。植物体や小動物の遺体等の有機態窒素はアンモニア態窒素として無機化がはかられ、それが硝酸化成作用により硝酸態窒素に変化する。Smith and Sharpley (1993) は圃場に置かれた HV 残渣から早期の無機化が期待できることを報告し、筆者らの調査でも、HV マルチ形成後約1カ月は、HV マルチ不耕起圃場の硝酸態窒素濃度が耕起圃場より高いことを観察し、とくに表層部 (深さ 0~5cm) で両者の差異が大きかった (施設トマトの窒素吸収を後述するのでデータ省略)。これは HV デットマルチが急速に分解・無機化されたことによるが、HV の肥料効果は堆肥等と比べ、早く現れることを考慮した施肥設計が必要である。

(5) 生 育 初 期 に お け る 雑 草 抑 制

厚さ約2cmのHVマルチ圃場では雑草発生が抑制され、雑草量は無被覆圃場の1/10に減少した (試験地の主要雑草はメヒシバ・アオビユ・シロザ等であった)。アメリカでの試験でも刈り込み後1カ月

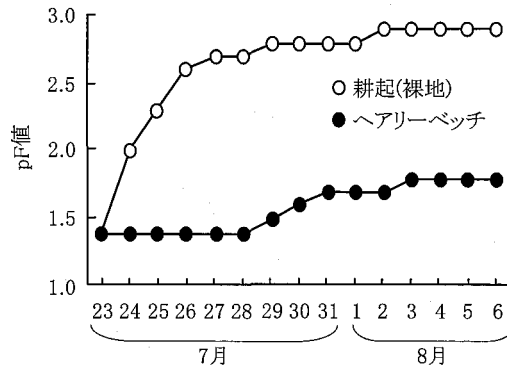


図4 ヘアリーベッチマルチ土壌の pF 値の推移
7/23に降水量52mL,以降8/7まで降水なし. Araki and Ito (1999) を改編.

は十分に雑草発生を抑制しており (Teasdale and Daughtry 1993), 除草作業を軽減し、除草剤の使用量減少に結びつくことの意味は大きい。一方、HV マルチの分解に伴い雑草発生が認められ、マルチの地表面被覆期間もカバークロップを評価する重要な基準である。HV マルチ圃場で一旦雑草が発生すると、HV から供給される窒素を利用して生育することになるので注意を要する。

(6) 収 量 と 品 質

越冬1年性マメ科植物HVのマルチ栽培を先駆的に研究したアメリカ USDA の研究実績では、1990年代にトマト栽培において、HV マルチ圃場の高収量性を示した (Abdul-Baki and Teasdale 1993)。養液土耕栽培で施用窒素量を0kg/haから392kg/haに変化させたところ、いずれの窒素量においてもトマト葉中窒素含量はHVマルチ圃場がポリエチレンマルチ圃場 (HV マルチ無・耕起) よりも高くなった (Abdul-Baki ら 1997, 図5)。窒素肥料250kg/ha以下でのトマト収量は、ポリエチレンマルチ圃場よりHVマルチ圃場で高くなっている。ポリエチレンマルチ圃場 (耕起) では窒素の施肥量を多くする程増収となったが、HV マルチ圃場での多量施肥は必ずしも増収には結びつかない傾向であった。

Horimoto ら (2002) もこれと同様の傾向、すなわち、慣行の耕うん圃場では窒素施肥増加に伴いトマト収量が増加するのに対し、HV マルチ圃場では少量施肥でも慣行程度の収量を確保するが、窒素施肥を増加させても増収にならないことを露地栽培で観察している (図6)。Abdul-Baki ら (1997) の試

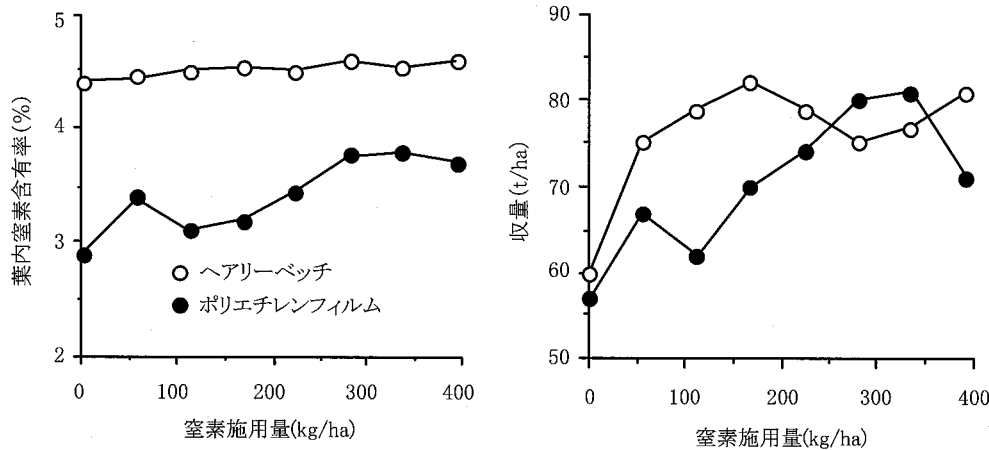


図5 ヘアリーベッチマルチおよびポリエチレンフィルムマルチ圃場で栽培したトマトの葉内窒素濃度と収量に及ぼす窒素施肥量の影響

Abdul-Bakiら(1997)を改編.

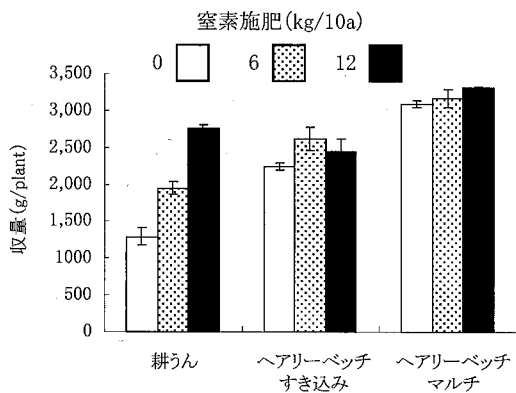


図6 耕うん、ヘアリーベッチすき込みおよびヘアリーベッチマルチ圃場でのトマト収量に及ぼす窒素施肥量の影響

Horimotoら(1999)を改編.

験では、HVは平均乾物重で3,947kg/haの地上部バイオマスを形成し、茎葉の平均窒素含有率は3.44%であることから、135.8kg/haの窒素がトマト圃場に供給されている(正確には根の分解による窒素も加わる)。少量施肥でもトマトの体内窒素濃度が高くなり、栄養生長を旺盛にして収量増加に結びついたが、多量施肥では窒素過剰となり、有効利用されない窒素が多くなったといえる。HVマルチでは黒フィルムマルチに比べてトマトの収穫時期が遅れたり、後期収量が増加するとの報告もある(Abdul-Bakiら1996, Teasdale and Abdul-Baki 1997)。

4. 施設生産へのカバークロップの導入

筆者らは2006年より、春季よりハウス内でカバークロップ(HVとエンバクおよびその混播)を栽培して、そのデッドマルチ(残渣マルチ)環境下でのトマト栽培を継続している(Arakiら2009)。エンバクは*Avena strigosa*種であった。HVは秋まきであるが、積雪下での越冬には難があるので、北海道での試験ではハウスにフィルムを設置した後に播種し、5月下旬までの約2カ月間生育させて、それを刈り倒してデッドマルチとしている。播種量(/10a)はHVが5kg、エンバクが10kg、混播ではHV3.5kg、エンバクが5kgであった。マルチ形成後に施肥し、トマト‘ハウス桃太郎’を定植した。窒素施肥量は24kg/10a(N24kg)を慣行とし、カバークロップのプロットは12kg/10a(N12kg)を施用した。

(1) 葉柄汁液による栄養診断および収量

北海道地域のリアルタイム栄養診断として、第1果房直下葉の先端部葉柄を使用して硝酸イオン濃度を測定している(坂口ら2004)。7月と8月に慣行の裸地+N24kgとHV+N12kgとは約4,000ppm弱の硝酸イオン濃度を示し、北海道の基準値に近かったが、他は3,000ppm以下であった(図7)。その結果、両者は生育指数と収量においても他より有意に高くなり、7.8~7.9t/10aの収量を示した(図

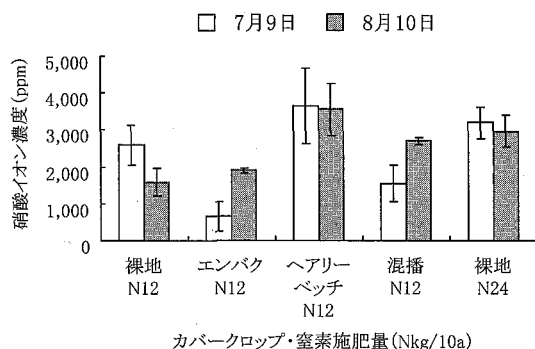


図7 トマト第1果房直下葉の葉柄汁液の硝酸イオン濃度に及ぼすカバークロップマルチと窒素施肥量の影響

N12: 窒素 12kg/10a, N24: 窒素 24kg/10a, リン酸およびカリは 20kg/10a.

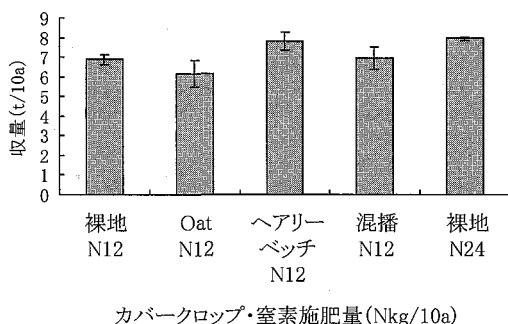


図8 トマトの収量に及ぼすカバークロップマルチと窒素施肥量の影響

N12: 窒素 12kg/10a, N24: 窒素 24kg/10a, リン酸およびカリは 20kg/10a.

8) これはこれまでの多くの報告の通り, HV からの窒素供給や土壌改善効果の反映と考える. マメ科は窒素供給効果が期待でき, 数種野菜で検討されて

いるように窒素肥料の減量が期待できる (Sainju and Singh 1997, Sainju ら 2000) .

(2) 栽培後の土壌中の窒素と炭素の蓄積

2007 年栽培後には土壌表層 (0~5cm) において無機態窒素と有機態窒素は HV と混播 (HV+エンバク) で増加傾向にあったが, 15cm 深では顕著な増加は認められず, 表層窒素がトマトに吸収されていると考えられる (表 2) . 土壌炭素も, 土壌表層においてカバークロップマルチ下で顕著に増加して 4%以上になり, とくに混播 (HV+エンバク) では 4.6%に至った.

温暖化との関係で土壌への炭素隔離が重要であり, 関連した農業技術が研究されている. (Halvorson ら 2002, Komatsuzaki and Ohta 2006) . 堆肥投入は一般的に耕畜循環や多量の有機物投入になるが, 完熟堆肥の製造や散布には労力を要するとともに, 製造中での CO₂ 放出にもなる. また, 多量施用では圃場の富栄養化・地下水汚染の可能性がある. カバークロップは余剰の養分を吸収して生育すること, 散布労力が不要である等のメリットがある.

イネ科のカバークロップはマメ科に比べ, 多量のバイオマス生産を通じて土壌中への炭素供給能が高く (Kuo ら 1997, Sainju ら 2000) , かつ硝酸流亡の抑制, 土壌性状の改善効果する効果も認められている (McCracken ら 1994) . 秋まきカバークロップは土壌炭素を増加させるポテンシャルが大きいとされ (Jarecki and Lai 2003) , Komatsuzaki ら (2005) も関東地域でのライムギをカバークロップとして導入した不耕起のオカボ生産でも, 土壌炭素は作土でもとくに表層での蓄積を指摘している.

(3) 持続的農業生産の視点

表 2 トマト栽培後の土壌中の窒素および炭素含有量に及ぼすカバークロップマルチと窒素施肥量の影響

マルチ	N (kg/10a)	深さ0~5cm			C合計 (%)	深さ10~15cm			C合計 (%)
		N (mg/100g)		計		N (mg/100g)		計	
		無機態	有機態			無機態	有機態		
裸地	12	3.9	235.8	239.7	3.45 a	2.4	229.6	232.0	3.35
裸地	24	5.5	272.5	278.0	3.89 a	3.2	233.8	237.0	3.54
エンバク	12	4.1	265.6	269.7	4.08 a	3.0	243.0	246.3	3.57
HV	12	4.9	299.1	304.0	4.24 a	3.1	241.9	245.0	3.70
混播	12	6.6	302.3	309.0	4.61 b	3.1	256.8	260.3	3.77
Tukey's 検定				NS	*	NS		NS	NS

トマト生産は2006年から開始し, 2007年10月に土壌を採取. Tukeyの検定(5%)により異なるアルファベット間に有意差.

農業は産業であるので、農地の生産力維持・向上と炭素隔離の双方が両立する農法が必要である。窒素と炭素の双方を同時に供給する方法としてイネ科とマメ科の混播が注目される。Sainjuら(2005)はイネ科とマメ科の混播によりカバークロップのバイオマスや炭素と窒素含有量が増加することを報告したが、年次間差異や地域間差異のあるとしている。筆者らの試験ではカバークロップ混播は土壤炭素増加には寄与したが、収量増にはなっていないので、今後さらなる調査が必要である。小松崎・太田(2006)もカバークロップを導入した農耕地の管理法(主に耕起)を持続的生産力の視点から研究している。

施設園芸でカバークロップの生育を確保するには一定期間必要で、施設を現金作物生産にフルに活用できないこと、播種やすき込み・マルチ処理等も必要になり、省力にはならない。一方、カバークロップ導入は土壤の生物性も含め、土壤特性の改善が期待され、持続的農法の一つの形態でもある。経営にあわせた導入法を検討いただければ幸いである。

引用文献

- Abdul-Baki, A.A. and J.R. Teasdale 1993. A no-tillage tomato production system using hairy vetch and subterranean clover mulched. *HortScience* 28(2): 106-108.
- Abdul-Baki, A.A., J.R. Teasdale, R. Korcak, D.J. Chitwood and R.N. Huettel 1996. Fresh-market tomato production in a low-input alternative system using cover-crop mulch. *HortScience* 31(1): 65-69.
- Abdul-Baki, A.A., J.R. Teasdale and R.F. Korcak 1997. Nitrogen requirements of fresh-market tomatoes on hairy vetch and black polyethylene mulch. *HortScience* 32(2): 217-221.
- Araki, H. and M. Ito 1999. Soil properties and vegetable production with organic mulch and no-tillage system. *Japan. J. Farm Work Res.* 34(1): 29-37.
- Araki, H., S. Hane, Y. Hoshino and T. Hirata 2009. Cover crop use in tomato production in plastic high tunnel. *Hort. Environ. Biotechnol.* 50(4): 324-328.
- Creamer, N.G. 1999. Summer Cover Crops. Horticultural Information Leaflet, North Carolina State University. <http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-37.html>
- 藤井義晴・有田博之 1998. 畦畔と圃場に生かすグランドカバープランツ. 農文協, 東京.
- Halvorson, A.D., B.J. Wienhold and A.L. Black 2002. Tillage, nitrogen and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 906-912.
- Holderbaum, J.F., A.M. Decker, J.J. Meisinger, F.R. Mulford and L.R. Vough 1990. Fall-seeded legume cover crops for no-tillage corn in the humid east. *Agron. J.* 82: 117-124.
- Horimoto, S., H. Araki, M. Ishimoto, M. Ito and Y. Fujii 2002. Growth and yield of tomatoes grown in hairy vetch-incorporated and -mulched field. *Japan. J. Farm Work Res.* 37(4): 231-240.
- Kanazawa, S. 1995. The no-tillage cropping system as the agriculture for sustaining and environmental preservation. -Crop yields and soil characteristics- *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 66: 286-297.
- Komatsuzaki, M. and H. Ohta 2006. Soil management practices for sustainable agro-ecosystem. *Sustainability Science* 2: 103-120.
- Komatsuzaki, M. and Y. Mu 2005. Effects of tillage system and cover cropping on carbon and nitrogen dynamics. Proceeding and abstract of ecological analysis and control of greenhouse gas emission from agriculture in Asia. September 2005, Ibaraki, Japan, pp.62-67.
- Kuo, S., U.M. Sainju and E.J. Jullum 1996. Winter cover cropping influence on nitrogen mineralization, presidedress soil nitrate test and corn yield. *Biol. Fertil. Soils.* 22: 310-317.
- Kuo, S., U.M. Sainju and E.J. Jullum 1997. Winter cover crop effects on soil organic carbon and carbohydrate in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 145-152.
- McCracken, D.V., M.S. Smith, J.H. Grove, C.T. MacKown and R.L. Belvins 1994. Nitrate leaching as influenced by cover cropping and nitrogen source. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1476-1483.
- McVay, K.A., D.E. Radcliffe and W.L. Hargrove 1989. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1856-1862.
- 三浦重典 2009. リビングマルチを利用した畑作物生産に関する栽培学的研究. 東北農業研究センター報告 110: 129-175.
- Sainju, U.M. and B.P. Singh. 1997. Winter cover crops for sustainable agriculture systems: Influence on soil properties, water quality and crop yields. *HortScience* 32: 21-28.
- Sainju, U.M., B.P. Singh and W.F. Whitehead 1998. Cover crop root distribution and its effects on soil nitrogen cycling. *Agron. J.* 90: 511-518.
- Sainju, U.M., B.P. Singh and W.F. Whitehead 2000. Cover crops and nitrogen fertilization effect on soil carbon and nitrogen and tomato yield. *Can. J. Soil Sci.* 80: 523-532.
- Sainju, U.M., W.F. Whitehead and B.P. Singh 2005. Biculture legume-cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen. *Agron. J.* 97: 1403-1412.
- 坂口雅己・日笠裕治・中住晴彦 2004. ハウス夏秋どりトマトにおける窒素栄養診断法. 日本土壤肥料学会雑誌 75: 29-35.
- Sakai, N. 1988. A review on no-tillage farming. 2. Change in soil properties and characteristics of farm work. *Japan. J. Farm Work Res.* 24: 1-9.
- Smith, S.J. and A.N. Sharpley 1993. Nitrogen availability from surface applied and soil-incorporated crop residues. *Agron. J.* 85: 776-778.
- Teasdale, J.R. and C.S.T. Daughtry 1993. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch. *Weed. Sci.* 41: 207-212.
- Teasdale, J. R. and C.L. Mohler 1993. Light transmittance, soil temperature and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy J.* 85: 673-680.
- Teasdale, J.R. and A.A. Abdul-Baki 1997. Growth analysis of tomatoes in black polyethylene and hairy vetch production systems. *HortScience* 32(4): 659-663.
- Unger, P.W. and A.F. Wiese 1979. Managing irrigated winter wheat residues for water storage and subsequent dryland grain sorghum production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 582-588.
- Waggar, M.G. 1989. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agron. J.* 81: 236-241.