

傾斜地ウンシュウミカン園における草生栽培に関する研究

有田 慎・津田 浩伸¹・中谷 章・鯨 幸和・横谷 道雄・藤本 欣司

和歌山県農林水産総合技術センター 果樹試験場

Studies on Sod Culture on Hillside Orchard of Satsuma Mandarin

Shin Arita, Hironobu Tsuda, Akira Nakatani, Yukikazu Kujira, Michio Yokotani and Kinji Fujimoto

Fruit Tree Experiment Station

Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

緒 言

和歌山県のウンシュウミカン園は斜度 15 度以上の急傾斜地園が産地の 61%を占めており、堆肥などの有機物施用は重労働であるためあまり行われていない。草管理も除草剤による除草が大半であり、土壤物理性の悪化、土壤や肥料の流亡などを招き、樹勢の低下や隔年結果の一因となっている。

緑肥作物による草生栽培を取り入れた場合、有機物の補給、土壤物理性の改善を軽労的に行えるうえ、土壤や肥料の流亡抑制による環境負荷の低減も見込まれる。しかし、草との養水分競合や枯死した草に由来する窒素が遅効きすることによる果実品質の低下が懸念され、和歌山県ではこれまでウンシュウミカンではほとんど導入されていない。

そこで、本研究ではウンシュウミカンでの草生栽培の導入に向けて、自然枯死型草種の選定や、ヘアリーベッチ草生栽培における施肥方法について検討を行なった。

方 法

試験 1 緑肥作物の生育特性調査

秋播きの緑肥作物の生育特性調査を行なった。和歌山県果樹試験場内ほ場（以下和果試場内ほ場と記載）の‘日南 1 号’ウンシュウミカン園（1999 年 3 月 7 年生移植）において、イネ科草種としてはライムギ、イタリアンライグラス、ペレニアルライグラス、ナギナタガヤの 4 草種、マメ科草種としてはクリムソクローバ、アカクローバ、ヘアリーベッチの 3 草種を 1999 年 10 月 4 日、2000 年 10 月 5 日、2001 年 10 月 27 日、2002 年 11 月 5 日に播種し、各緑肥作物の生育が最盛となる 4~5 月に緑肥作物の被度、乾物重、窒素量を調査し、その後 8 月下旬に雑草の被度を調査した。播種量はライムギは 10kg/10a、ヘアリーベッチは 5kg/10a、その他の 5 種類の緑肥作物は 4kg/10a とした。ライムギ及びイタリアンライグラスでは 4 月下旬に刈り取りを行なった。緑肥作物中の窒素含量は 1999 年から 2002 年の 6 月に緑肥作物を採取しガンニング変法を用いて測定した。

¹現在：伊都振興局産業振興部農業振興課

試験2 枯死した緑肥作物からの肥料成分溶出パターンと樹体への吸収

ほ場に近い条件で、枯死した緑肥作物からの肥料成分の溶出パターンを把握するため、1/2000a ワグネルポットに褐色森林土を約5cm 充填し、ほ場で枯死したヘアリーベッチ、クリムソクローバ、ナギナタガヤを2001年から2004年の6月下旬に静置して自然状態に置き、ポットから溶出した水に含まれる硝酸態窒素を水質分析計（ハック製 DREL2010）を使って測定した。緑肥作物の静置量は試験1のほ場試験における2001年の繁茂量を基準とした。

枯死したヘアリーベッチ、クリムソクローバ、ナギナタガヤから溶出した肥料成分の樹体への寄与率を調査するために、 ^{15}N により標識した緑肥作物を、50liter ポットに植栽している8年生の‘日南1号’の株元に2001年6月30日に静置し、8月23日と10月13日に各器官の ^{15}N 寄与率を調査した。供試した緑肥作物は2000年10月18日に1/2000a ワグネルポット（パーライト充填）に播種し、 ^{15}N 標識硝安（30.7atom%）を施用して標識した。枯死後の $^{15}\text{Natom}\%_{\text{excess}}$ はヘアリーベッチ21.9%、クリムソクローバ27.4%、ナギナタガヤ29.4%であった。

試験3 ヘアリーベッチ草生栽培における施肥法の検討

和果試験内傾斜ほ場（斜度8~11度）の‘日南1号’（高畝栽培、1996年3月2年生定植）を用いて、1998年から2004年までの7年間、ヘアリーベッチ草生栽培と20%減肥が土壌、樹体、果実に及ぼす影響を調査した。2000年以降透湿性シートによる部分マルチ（被覆率70%）を7月下旬から10月中旬まで行った。試験区の構成は第1表に示した。

第1表 試験3における試験区の構成

試験区	窒素施用量 (kg/10a) ^z								
	1998~2000年			2001~2002年			2003~2004年		
	3月中	10月下	計	3月中	10月下	計	3月中	10月下	計
ヘアリーベッチ標準施肥区 ^y	4.8	7.2	12.0	4.8	7.2	12.0	6.4	9.6	16.0
ヘアリーベッチ20%減肥区	3.6	6.0	9.6	2.4	7.2	9.6	3.2	9.6	12.8
清耕区	4.8	7.2	12.0	4.8	7.2	12.0	6.4	9.6	16.0

z: 有機配合ペレット(8-8-6)を使用。

y: 10月中に10a当たり5kg播種。

土壌中の無機態窒素含有量は1998年から2004年の2月1日、5月1日、8月1日、11月1日に土壌を採取しブレンナー法で測定した。腐植含有率及びCECは2002年から2004年の2月下旬の土壌を採取しそれぞれCNコーダー法とセミマイクロ Schollenberger 法で測定した。葉中窒素含有率は1998年から2004年の8月下旬に新葉を採取しケルダール法で測定した。また、果汁の糖度は1998年から2004年の10月下旬の収穫時に調査した。

試験4 ヘアリーベッチ草生栽培の現地試験

第2表に示した現地3園において、2005年から2007年の3年間、ヘアリーベッチ草生栽培と20%減肥を組み合わせた施肥法を実施し、土壌、樹体、果実に及ぼす影響を調査した。試験区の構成は第3表に示した。

第2表 試験4における試験園地の概要

No.	所在地	園地条件	土壌群名	土壌統	生産力	品種	樹齢 ^z
1	有田川町有原	緩傾斜地高畝	細粒褐色森林土	小坂	Ⅲ	田口早生	8
2	有田川町丹生	緩傾斜地高畝 (マルチ)	細粒褐色森林土	上	Ⅱ	大浦早生	17
3	有田川町市場	平坦地 (マルチ ^y)	細粒褐色低地土斑文有り	中島	Ⅱ	宮川早生	40

z: 2005年時の樹齢。

y: 2006年、2007年はマルチ無し。

第3表 試験4における試験区の構成

試験区	窒素施肥量 ^z					
	園地 1 (若木)			園地 2, 3 (成木)		
	4月上	10月下	年間計	4月上	10月下	年間計
ヘアリーベッチ標準施肥区 ^y	4.8	7.2	12	8	12	20
ヘアリーベッチ20%減肥区	2.4	7.2	9.6	4	12	16
清耕区	4.8	7.2	12	8	12	20

z：有機配合ペレット(8-8-6)を使用。

y：10月中に10a当たり5kg播種。

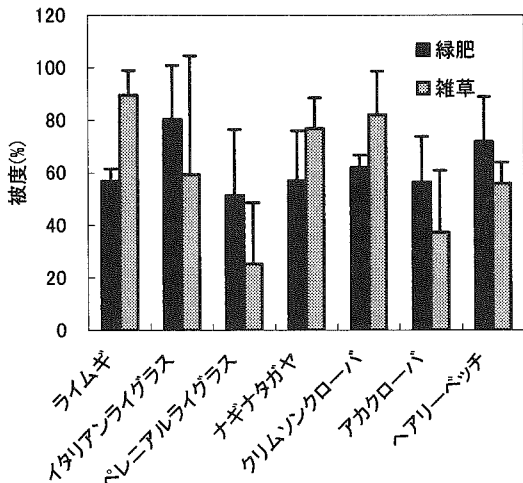
土壌中の無機態窒素は2005年から2007年の8月に土壌を採取しプレムナー法で測定した。腐植含有率及びCECは2007年2月16日に土壌を採取し、それぞれCNコーダー法とセミマイクロ Schollenberger 法で測定した。葉中窒素含有率は2005年から2007年の8月に新葉を採取しケルダール法で測定した。また、果汁の糖度は2005年から2007年の収穫時に調査した。

結 果

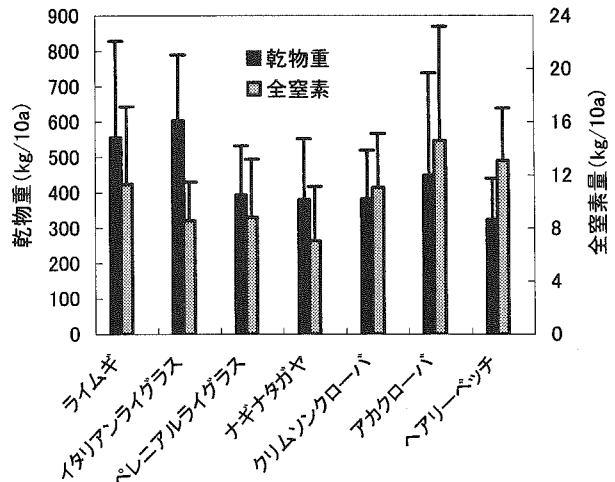
試験1 緑肥作物の生育特性調査

緑肥作物の最盛期となる4~5月に被度を調査したところ、イネ科ではイタリアンライグラス、マメ科ではヘアリーベッチで高い割合を示した(第1図)。その後、8月下旬に雑草の被度を調査したところ、枯れずに残っていたペレニアルライグラスとアカクローバで雑草の抑制効果が高かった。枯死していた草種の中では、緑肥作物の被度が高かったイタリアンライグラスとヘアリーベッチで比較的雑草を抑えていた(第1図)。

緑肥作物の最盛期における10a当たりの乾物重(地上部刈り取り重)は、イネ科の草種で400~600kgと多く、これは60%の水分を含んだ堆肥に換算すると1.0~1.5tに相当する量であった。また、マメ科の草種でも、10a当たりの乾物重が300~400kgであり0.75~1tの堆肥に相当した。10a当たりの全窒素量ではイネ科のライムギと窒素含有率の高いマメ科草種で多く、いずれの草種も10kg以上であった(第2図)。



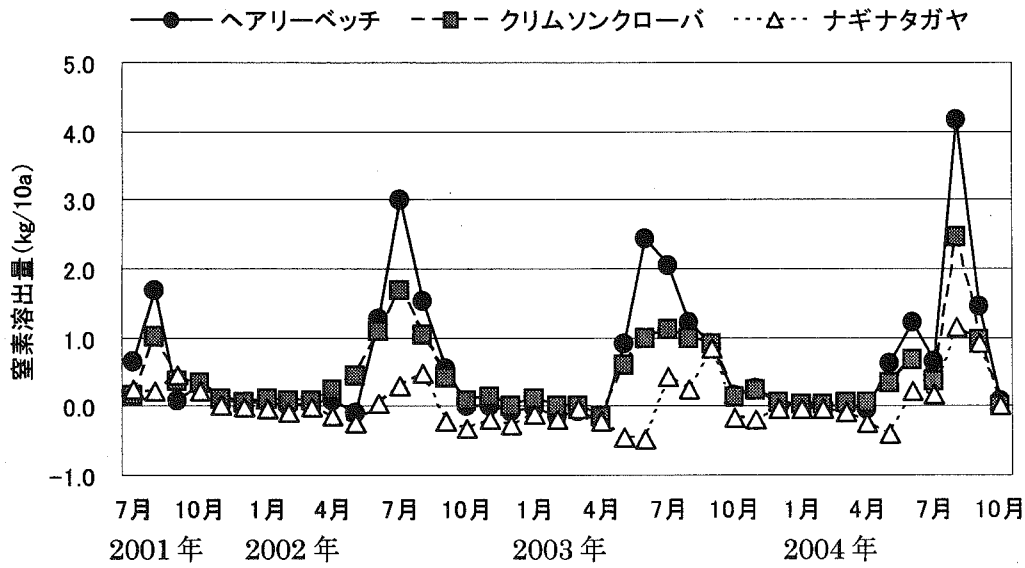
第1図 緑肥作物及び雑草の被度



第2図 枯れ草の乾物重と全窒素量

試験2 枯死した緑肥作物からの肥料成分溶出パターンと樹体への吸収

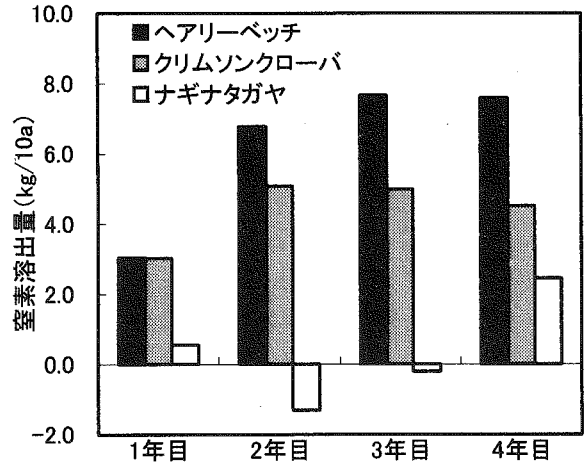
枯死した緑肥作物からの肥料成分溶出パターンは、ヘアリーベッチ、クリムソクローバでは夏季に多く溶出し、とくに6~8月に大きな溶出のピークがみられたが、それ以外の時期にはほとんど溶出しなかった。一方、ナギナタガヤの窒素溶出量は、マメ科草種に比べて期間を通して少なかった(第3図)。



第3図 枯れ草からの窒素溶出量の推移

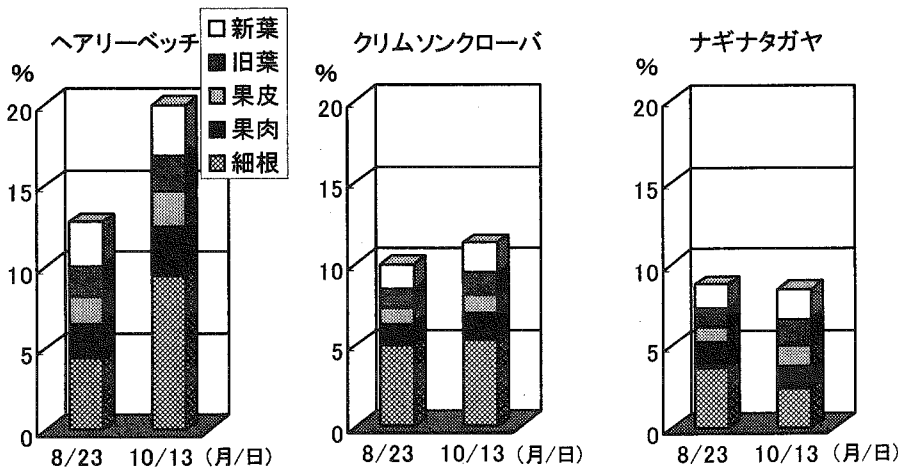
年間窒素溶出量もマメ科草種で多かった。ヘアリーベッチとクリムソクローバは1年目よりも2年目の窒素溶出量が増加した。ナギナタガヤは、2年目と3年目は窒素を吸収したが4年目には窒素が溶出した(第4図)。

緑肥作物に由来する窒素の樹体への吸収を草種別にみると、ヘアリーベッチでは細根、新葉、果肉に多く吸収され、いずれも8月下旬から10月中旬にかけて寄与率は高まったが、特に細根に多く取り込まれた。クリムソクローバでは細根で寄与率が高く、8月下旬から10月中旬にかけて高まったが、他の器官は低かった。ナギナタガヤは8月下旬に細根で寄与率が高かったが、マメ科草種に比べて低く、10月中旬にかけて減少した(第5図)。



第4図 枯れ草からの年間窒素溶出量

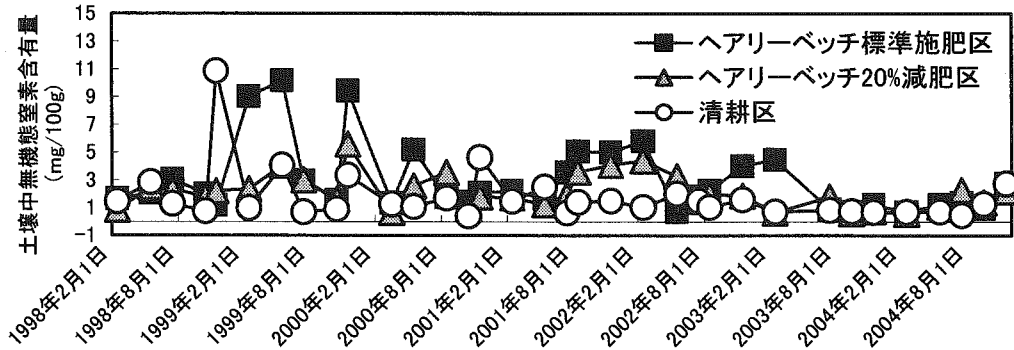
注)1年目は2001年7月~2002年5月、2年目は2002年6月~2003年5月、3年目は2003年6月~2004年5月、4年目は2004年6月~10月の期間とした。



第5図 枯れ草由来窒素の樹体への寄与率

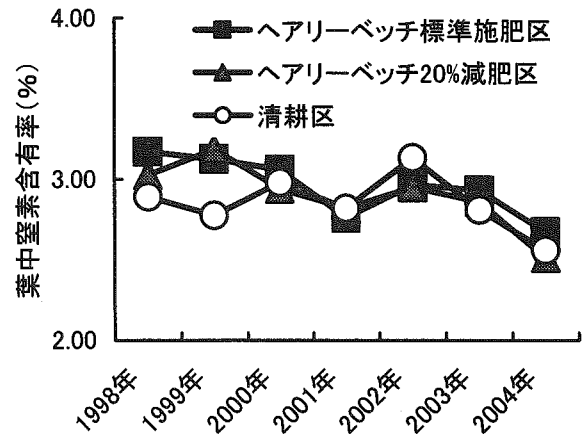
試験3 ヘアリーベッチ草生栽培における施肥法の検討

土壌中窒素は、ヘアリーベッチ 20%減肥区でやや高い時期が存在したが、清耕区とほぼ同様の推移を示した。また、ヘアリーベッチ標準施肥区は期間を通じ、清耕区に比べやや高く推移していた（第6図）。



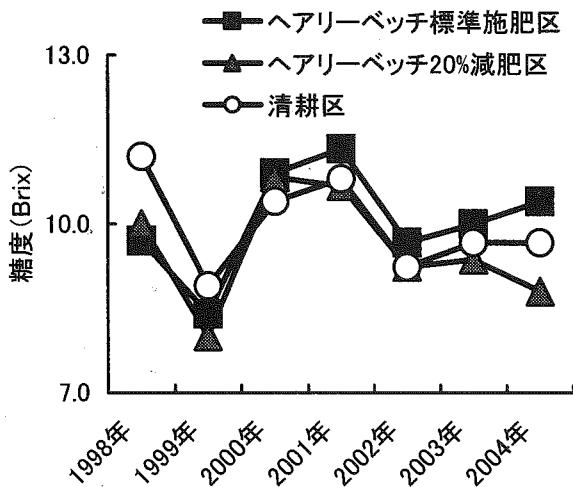
第6図 土壌中無機態窒素含有量の推移

8月下旬における葉中窒素の年次推移を調べたところ、1999年にヘアリーベッチ草生区で高かった。マルチを実施した2000年から2003年まではいずれの区も3.0%前後であったが、2004年はヘアリーベッチ20%減肥区と清耕区で約2.5%と低かった（第7図）。

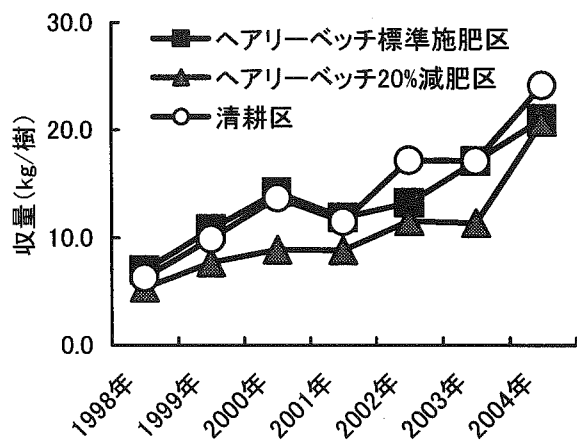


第7図 葉中窒素含有率(8月下旬)の年次変化

果汁の糖度は、1998年、1999年は草生区で低かったが、2000年以降透湿性シートを敷設したことで、2003年までは試験区間に差がみられなかった。しかし、2004年ではヘアリーベッチ20%減肥区の糖度が他区より低かった（第8図）。収量は、ヘアリーベッチ標準施肥区と清耕区は同様に推移したが、ヘアリーベッチ20%減肥区は他の区よりもやや少なく推移した（第9図）。



第8図 糖度(10月下旬)の年次変化



第9図 収量(10月下旬)の年次推移

2002年から2004年に腐植含有率及び、CECを測定したところ、共にヘアリーベッチ草生区で清耕区より高かった(第4表)。

第4表 腐植含有率およびCEC

試験区	腐植 (%)	CEC (me/100g)
ヘアリーベッチ施肥標準区	2.81	14.7
ヘアリーベッチ20%減肥区	2.46	14.8
清耕区	1.61	13.6

注) 2002~2004年の平均値。

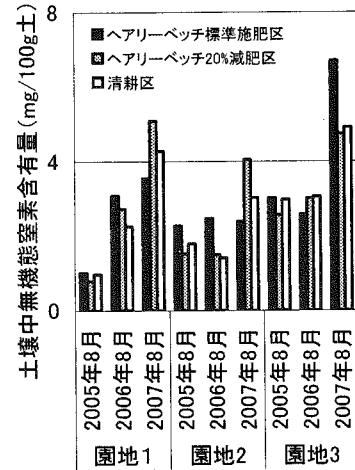
試験4 ヘアリーベッチ草生栽培の現地試験

土壤中無機態窒素は、園地1では2005年と2006年はヘアリーベッチ標準施肥区で他区よりも多かったが、3年目はヘアリーベッチ標準施肥区で他区よりも少なかった。園地2では、2005年と2006年はヘアリーベッチ標準施肥区で他区よりも多かったが、2007年ではヘアリーベッチ20%減肥区>清耕区>ヘアリーベッチ標準施肥区であった。園地3では、2005年と2006年は各試験区に差はなかったが、2007年ではヘアリーベッチ標準施肥区で他区よりも多かった(第10図)。

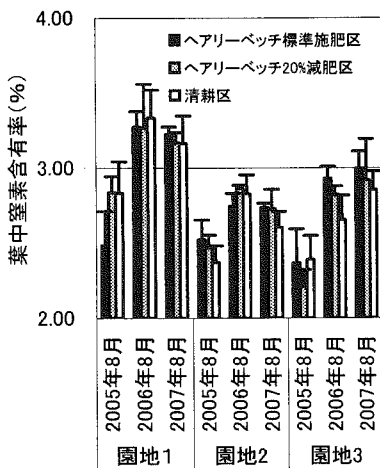
葉中窒素は、園地1では2005年はヘアリーベッチ標準施肥区で他区よりも低かったが、2006年と2007年は試験区による差がなかった。園地2および園地3では3年間を通じて試験区による差がなかった(第11図)。

収量は、園地1では3年間を通じて清耕区で他の区よりも多く推移した。また、ヘアリーベッチ標準施肥区とヘアリーベッチ20%減肥区の間には差は見られなかった。園地2および園地3では3年間を通じて試験区による差が無かった(第12図)。

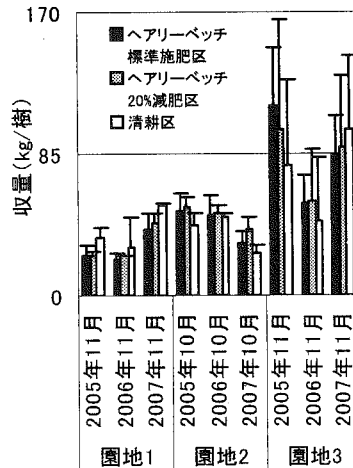
糖度について、園地1では2006年はヘアリーベッチ20%減肥区で他区よりも低かったが、2005年と2007年は試験区間に差はなかった。園地2では2005年と2006年は試験区による差はなく、2007年は清耕区で他区よりも高かった。園地3では3年間を通じて試験区間に差は無かった(第13図)。



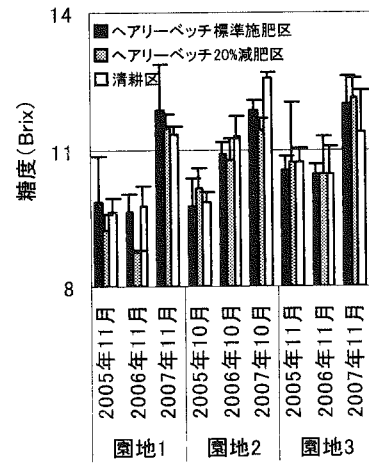
第10図 土壤中無機態窒素含有量の推移



第11図 葉中窒素含有率の推移



第12図 収量の推移



第13図 糖度の推移

考 察

ウンシュウミカンにおける草生栽培の研究は、古くから報告があり、有機物の補給、土壤物理性の改善を

軽労的に行えることが報告されている（江口ら，1956；坂本ら，1960；坂本ら，1965）。しかし，緑肥作物との肥料成分や水の競合などの問題があるため，和歌山県ではほとんど普及していない。しかし，近年環境に配慮した農業が求められ，緑肥作物による土壌や肥料成分の流亡防止効果が注目されている。石川ら（2006）はナギナタガヤ草生ミカン園における春肥窒素の吸収特性を調査し，樹体の窒素利用率は草生区では裸地区の約47%と低かったが，ナギナタガヤによる吸収を加えた春肥窒素の利用率は草生区が裸地区の1.5倍であったと報告している。

緑肥作物草生栽培では，刈り取りに要する労力や摘果や防除の際の作業性の悪化が問題になる。作業効率の問題は，自然枯死型草種を用いることである程度解決すると考えられる。今回調査した7草種の中でアカクロバとヘアリーベッチ，クリムソクローバ，ナギナタガヤの3草種では刈り取りを必要とせず，軽労的であると考えられた。また，ヘアリーベッチ，クリムソクローバ，ナギナタガヤの3草種の中では，ヘアリーベッチが最も被覆率と抑草効果が高く，枯れ草の乾重量および全窒素量も多かった。

緑肥作物からの肥料成分の溶出は，イネ科のナギナタガヤと比較して，マメ科のヘアリーベッチとクリムソクローバが期間を通じて多かった。また，面積当たりの乾物重および全窒素量が多いヘアリーベッチがクリムソクローバよりも窒素の溶出量が多かった。マメ科草種では1年目よりも2年目で窒素溶出量が増加したが，3年目以降は大きな変化は見られず，窒素の溶出は2年目から一定になると考えられた。ナギナタガヤでは2年目，3年目では窒素の吸収が見られたが，4年目には窒素の溶出に転じた。緑肥作物から溶出した窒素の寄与率も，マメ科のヘアリーベッチとクリムソクローバがイネ科のナギナタガヤよりも高く，ヘアリーベッチがクリムソクローバよりも高かった。ウンシュウミカンの器官毎の寄与率では全ての緑肥作物で細根に多く吸収されており，10月の細根の寄与率はヘアリーベッチでは約9.5%，クリムソクローバで約5.3%，ナギナタガヤでは約2.4%であった。石川ら（2002）は枯死ナギナタガヤ由来窒素の寄与率が細根で約4.6%であり，1年目よりも2年目の新葉で寄与率が高いことを報告している。

マメ科のヘアリーベッチは窒素固定を行い，またアレロパシー物質を出すことによって他の雑草の生育を抑え旺盛に生育する（藤井，2003）。また，イネ科の植物と比較して分解が早く，夏期に多量の窒素を放出するため，窒素の遅効きが起これば果実の品質低下が懸念される。そこで施肥量の20%削減とヘアリーベッチ草生栽培を組み合わせた施肥法を，1998年から2004年までの7年間行ったところ，ヘアリーベッチ20%減肥区における土壌中窒素と葉中窒素は清耕区とほぼ変わりなく推移した。しかし，収量はヘアリーベッチ20%減肥区が他区よりも低く推移し，糖度も他区よりも低い年があった。一方で，ヘアリーベッチ標準施肥区では土壌中窒素は清耕区よりも高く推移したものの，透湿性シートの部分マルチによって糖度の低下は避けることができた。坂本ら（1960）は草生栽培により腐植含有率が向上することを報告している。本研究においても，腐植含有率とCECが向上し，ヘアリーベッチ草生栽培によって土壌の化学性に改善が見られることが確認された。これらの結果から傾斜地園における極早生の若木においてはマルチと組み合わせることでヘアリーベッチ標準施肥が適当であると考えられた。

また，土壌条件や品種，樹齢が異なる現地園での3年間の調査の結果，和果試場内の結果と同じく，ヘアリーベッチ草生と20%減肥を組み合わせた施肥法で，土壌中無機態窒素と葉中窒素は清耕区と同等であった。また，和果試場内の結果と異なり，成木園である園地2と園地3でヘアリーベッチ20%減肥区の収量は清耕区及びヘアリーベッチ標準施肥区の収量と同等であった。なお，早生品種ではマルチ無しでもヘアリーベッチ草生による糖度の低下は起こらなかった。

以上のことから，作業性や被覆率，有機物量から今回調査した草種の中ではヘアリーベッチが傾斜地ミカン園に最も適していると考えられる。ヘアリーベッチ草生栽培では夏期の窒素の遅効きによる品質低下はみられず，腐植含有率の向上など土壌の改善がみられたため，ヘアリーベッチ草生栽培は有望であると考えられる。

摘 要

軽労的な土壌への有機物の補給を目的として傾斜地ウンシュウミカン園における緑肥作物草生栽培について検討した。

1. ヘアリーベッチ、クリムソクローバ、ナギナタガヤが自然枯死型草種で刈り取りの必要も無く、省力的であった。
2. ヘアリーベッチ、クリムソクローバ、ナギナタガヤの3草種の中では、ヘアリーベッチが最も被覆率抑草効果ともに優れており、面積当たりの有機物量および全窒素量も高かった。
3. 枯死後の窒素の溶出はマメ科草種、中でもヘアリーベッチが多く、樹体への寄与率もヘアリーベッチが高かった。
4. ヘアリーベッチ草生栽培による夏期の窒素遅効きによる果実の品質低下は起こらなかった。
5. 成木園ではヘアリーベッチ草生と20%減肥を組み合わせた施肥法が可能である。

引用文献

- 石川 啓・木村秀也. 2003. ナギナタガヤ草生ミカン園における枯死ナギナタガヤ由来窒素の吸収特性. 園学雑. 72 (別2): 311
- 石川 啓・木村秀也. 2006. ナギナタガヤ草生ミカン園における春肥窒素の吸収特性. 園学研. 5 (3): 255-259
- 江口 浩・江口英信・高木義昭. 1956. 温州みかんの草生栽培に関する研究 (第1報) 草生栽培の根群及び温州みかん幼木の生育について. 佐賀果試研報. 2: 1-16
- 坂本辰馬・奥地 進・山本恒久・薬師寺清司. 1960. 柑橘に対する緑肥施用に関する研究. 愛媛果試研報. 1: 1-26
- 坂本辰馬・奥地 進・円木忠志・船上和喜. 1965. 温州ミカン園における各種の土壌管理法の10年間の比較. 園学雑. 34 (4): 277-285
- 藤井義晴. 2003. ヘアリーベッチの多感作用と農業への利用および作用物質シアナミドの発見. 農業および園芸. 78 (9): 985-966