

窒素の施肥時期および土壌タイプがウメ ‘南高’ 樹体への窒素の吸収および土壌からの溶脱に及ぼす影響

岡室美絵子・土田靖久・下田星児¹・吉原利一²・後藤文之²・城村徳明³・中西 慶

和歌山県果樹試験場うめ研究所

Effects of Nitrogen Application Timing and Soil Types on Absorption by Japanese Apricot 'Nanko' Tree and Eluviation from Soils

Mieko Okamuro, Yasuhisa Tsuchida, Seiji Shimoda¹, Toshihiro Yoshihara², Fumiyuki Goto², Noriaki Jomura³ and Kei Nakanishi

Laboratory of Japanese Apricot, Fruit tree Experiment Station, Wakayama Prefecture

緒 言

和歌山県のウメ生産量は全国の60%以上(2013年)を占める日本一の産地である。ブランド価値を守るためには適切な施肥技術を確立し、環境負荷低減のイメージ定着が必要である。また、近年の肥料価格高騰やウメ販売価格の低迷により、肥料にかかる経費が経営を圧迫しており、より効率的な施肥技術の確立が緊急の課題となっている。現在、和歌山県では10 a当たり約2 tの収量がある園で年間25kgの窒素を、4月上旬中旬に15%、5月上旬中旬に15%、6月上旬~7月上旬に40%、9月中旬~10月上旬に30%の分施率で施用することが推奨されている(和歌山県農林水産部, 2011)。ウメにおける窒素肥料の施肥時期による吸収特性の違いについて、これまで高野(1985)は4月のみの施肥は新梢伸長が優れ、7月上旬のみの施肥が最も収量が多く、12月上旬のみの施肥では窒素利用率が低いことを、和歌山県うめ対策研究会(2000)は完熟果収穫では収穫後の施肥より収穫前の施肥が窒素の吸収性が高いことを報告しており、それらを基に施肥時期が決定された。しかし、年間の施肥量は解体調査によって得られた養分吸収量と天然供給量および浅見(1952)が提言した利用率(50%)を元に算出されており(渡辺, 1995)、ウメの窒素吸収特性や施肥時期による吸収率の違いは考慮されていない。施肥時期による吸収率を明らかにし、それぞれの時期に施用した窒素が樹体のどの器官に多く利用されているかを知ることで、目的に合わせた効率的な施肥が可能になる。

また、和歌山県のウメ園は山なりに造成した傾斜地園が多いが、近年このような傾斜地園に加え、

¹ : 農研機構北海道農業研究センター芽室研究拠点

² : 電力中央研究所

³ 現在 : 経営支援課

山を削って大規模に造成した新規造成園や水田転作園が増加している。このため、ウメ園の土壌は、大きく分けて褐色森林土、黄色土、灰色低地土および岩屑土に分類される。これらの土壌は理化学性や物理性が大きく異なるため、それぞれの土壌特性に応じた施肥管理が必要となっている。しかし、各ウメ園土壌に最適な施肥管理を行うために利用できる知見はほとんどなく、現在は土壌タイプに関わらず同一の基準施肥量をもとに施肥を行っている。

そこで著者らは、これら4種類の土壌をライシメータに充てんし、ウメ樹を植栽して、各土壌の養水分の地下への溶脱特性、土壌理化学性の変化および樹体の生育を7年間調査した。これまでに、窒素の溶脱は土壌中無機体窒素含量の多い土壌ほど多くなる傾向があり、灰色低地土、褐色森林土、黄色土、岩屑土の順に多いことや(岡室ら, 2010)、9年生および10年生ウメ樹を解体調査することで得られた土壌タイプ別養分含有量(岡室ら, 2012)について報告した。

本報では、土壌タイプ別に施肥時期ごとの窒素吸収率および吸収した窒素の利用器官を明らかにするため、ライシメータに植栽したウメ樹を用いて、 ^{15}N トレーサー法により4月上旬(実肥)、6月下旬(礼肥)および9月上旬(基肥)に施用した窒素の利用効率および施用3か月後における窒素の樹体内分配特性について調査するとともに、地下への溶脱率を明らかにしたので報告する。

材料および方法

1. 土壌タイプによる比較

和歌山県うめ研究所内にある、硬質フィルムで被覆した温室内に設置した縦370cm、横370cm、深さ60cmのコンクリート製ライシメータ12基に1樹ずつ植栽した‘南高’12樹を用いた。これらは2年生苗木でライシメータ施設に定植した後、同じかん水および施肥条件で栽培したもので、2010年は9年生、2011年は10年生となる。ライシメータには県内のウメ産地から採取した4種類の土壌、すなわち褐色森林土、黄色土、灰色低地土および岩屑土を、各土壌3枠ずつ充てんした。

試験は4月、6月および9月に、それぞれ各土壌に植栽した樹体1樹ずつ、合計4樹に ^{15}N 標識硝酸アンモニウム($^{15}\text{NO}_3$ 5.04atom%, $^{15}\text{NH}_4$ 5.03atom%)を施用した。1樹あたり214g(N75g, 年間施肥N量の15%)を10Lの水道水に溶かして供試樹の樹冠下に施用した。処理日は4月処理区が2010年4月1日、6月処理区が2011年6月20日、9月処理区が2010年9月1日とした。 ^{15}N 標識硫酸アンモニウム処理時に、リン酸およびカリウムの年間施肥量の15%にあたるヨウリン235g(P_2O_5 47g)と硫加131g(K66g)を施用した。他の時期の施肥は、緩効性化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=16:10:14)を用い、N量換算で4月上旬75g、5月上旬75g、6月下旬200g、9月下旬150gを施用した。

処理日から解体調査日までのかん水管理は、深さ20cm(灰色低地土は30cm)地点の土壌pFをテンションメータ(竹村電機製作所DM-8M)で測定し、pF2.7以上になった時点で20~40mm(岩屑土は10~20mm)相当量を、VPパイプに取り付けた散水ノズルから地表面散水した。かん水後、ライシメータの排水口から流出する水量を測定し、浸透水量とした。1回の浸透水から約100mLを採取し、直ちにろ過して凍結乾燥し、浸透水中の ^{15}N 濃度を測定するための試料とした。また、イオンクロマトグラフ法(DIONEX, IC25)により浸透水中の NO_3^- 濃度を測定した。

解体調査は ^{15}N 処理日の3か月後、すなわち4月処理区は2010年7月5日に、9月処理区は2010年12月1日に、6月処理区は2011年9月20日に行った。地上部は、葉、徒長枝(枝長50cm以上の1年生枝)、当年枝(徒長枝を除く1年生枝)、2年生枝、3年生以上枝および幹に分けて試料を

採取した。4月処理区の果実は6月9日から12日の青果収穫適期に採取した。地下部は、直径2mm未満の細根、直径2~20mmの中根および直径20mm以上の太根に分けて試料を採取した。試料を80℃で通風乾燥後、乾燥重を測定し、粉末状に粉碎した。

浸透水の凍結乾燥試料と樹体粉末試料中の¹⁵N含量を安定同位体質量分析計(Thermo Finnigan社Delta Plus advantage)を用いて測定し、¹⁵Nの樹体への吸収量および地下への溶脱量を求めた。

また、解体調査日に深さ20cmまでの土壌を各枠3か所ずつ採取し、風乾した後目開き2mmのふるいに通し、水蒸気蒸留法により無機態窒素含量を測定した。

なお、乾物1gあたりの¹⁵N含有量(以下、¹⁵N含有率)(A)および樹体に吸収された¹⁵N量(B)を全乾物重(第1表)をもとに以下により算出した。

第1表 処理時期別土壌タイプごとの器官別全乾物重

		(単位:g)			
器官		褐色森林土	黄色土	灰色低地土	岩屑土
4月処理	葉	5,800	4,236	3,549	3,557
	当年枝 ^z	1,480	1,629	2,043	1,345
	徒長枝 ^y	2,135	2,007	968	1,157
	2年生枝	997	876	846	638
	3年生以上枝	23,992	14,825	11,832	12,204
	幹	4,780	2,900	2,480	3,160
	細根 ^x	1,370	1,314	524	1,265
	中根 ^w	8,741	6,615	5,294	7,136
	太根 ^v	5,983	4,636	2,410	6,163
	果実 ^u	6,133	2,754	3,314	3,790
計		61,412	41,792	33,259	40,416
6月処理	葉	11,393	10,831	12,521	6,151
	当年枝	2,585	1,981	2,518	1,646
	徒長枝	3,353	3,672	3,991	1,636
	2年生枝	2,288	1,241	2,056	589
	3年生以上枝	33,965	19,797	18,904	16,144
	幹	9,774	6,183	4,748	5,341
	細根	2,912	2,990	1,173	2,198
	中根	11,571	7,871	7,857	7,364
	太根	7,834	7,453	2,463	2,035
	計		85,674	62,019	56,232
9月処理	葉	3,325	1,684	2,582	1,560
	当年枝	2,807	1,451	2,959	1,516
	徒長枝	6,591	3,358	9,742	2,472
	2年生枝	1,638	583	2,010	861
	3年生以上枝	27,918	17,988	20,941	14,139
	幹	8,920	5,560	3,980	4,720
	細根	3,173	2,296	1,780	1,876
	中根	14,140	8,371	12,445	11,863
	太根	7,822	4,142	5,387	5,445
	計		76,335	45,433	61,826

z: 徒長枝を除く1年生枝

y: 枝長50 cm以上の1年生枝

x: 直径2 mm未満の根

w: 直径2~20 mmの根

v: 直径20 mm以上の根

u: 2010年6月中旬の青果収穫適期に採取

$A = \text{試料中の } ^{15}\text{N 由来 N 量 mg/試料重 g}$

$\text{試料中の } ^{15}\text{N 由来 N 量 mg} = \text{試料中の全窒素量} \times \text{試料中の } ^{15}\text{N atom\% excess}$

$^{15}\text{N atom\% excess} = ^{15}\text{N atom\%} - ^{15}\text{N 天然存在率 (0.366\%)}$

$B = A \times \text{各部位の全乾物重}$

2. 施用時期による比較

前述の方法で得られた結果について、4月処理区、6月処理区および9月処理区における4土壤タイプの結果を平均し、Tukey法により統計処理を行った。

結 果

1. 土壤タイプによる比較

^{15}N 処理日から解体日までの約3か月間の合計かん水量は約2,800リットルから7,100リットルで、岩屑土が他より少なくなった(第2表)。合計浸透水量は191リットルから702リットルであり、1回の浸透水量は0リットルから100リットル以上まで変化が大きかった(データ省略)。岩屑土はかん水量に対する浸透水量の割合が高かった。浸透水中 NO_3^- 濃度の平均は、灰色低地土、岩屑土、黄色土、褐色森林土の順に高く、最も高い9月処理の灰色低地土で1,165mg/L、最も低い9月処理の褐色森林土で7.5mg/Lであった。浸透水中 ^{15}N 濃度の平均値は0.3mg/L以下と低いレベルであり、いずれの処理時期においても灰色低地土が最も高く、次いで岩屑土が高かった。

^{15}N 溶出濃度は、4月処理区では岩屑土および灰色低地土で処理後1か月前後にピークとなり、2か月後にはやや低下した(第1図)。岩屑土の最高濃度は0.6mg/L、灰色低地土の最高濃度は0.5mg/L

第2表 ^{15}N 施用日から解体日までのかん水量、地下浸透水量、浸透水中窒素濃度および溶出率

		合計 かん水量 (L)	合計 浸透水量 (L)	平均 NO_3^- 濃度 ^w (mg/L)	平均 ^{15}N 濃度 ^v (mg/L)	溶出した 全 ^{15}N 量 (g)	溶出した ^{15}N の割合 ^u (%)
4月処理 ^z	褐色森林土	4,789	322	14.5	0.059	0.011	0.3
	黄色土	3,398	323	31.9	0.075	0.026	0.6
	灰色低地土	3,852	191	598.2	0.308	0.061	1.5
	岩屑土	2,819	496	103.0	0.297	0.166	4.1
6月処理 ^y	褐色森林土	5,582	611	14.1	0.065	0.041	1.0
	黄色土	5,469	472	15.2	0.033	0.012	0.3
	灰色低地土	5,965	702	802.3	0.156	0.112	2.8
	岩屑土	3,653	428	22.9	0.067	0.018	0.4
9月処理 ^x	褐色森林土	7,131	331	7.5	0.052	0.015	0.4
	黄色土	3,760	411	15.2	0.035	0.018	0.4
	灰色低地土	4,941	358	1164.7	0.189	0.072	1.8
	岩屑土	2,801	363	65.6	0.157	0.064	1.6

z: ^{15}N 処理日2010年4月1日, 解体日2010年7月5日

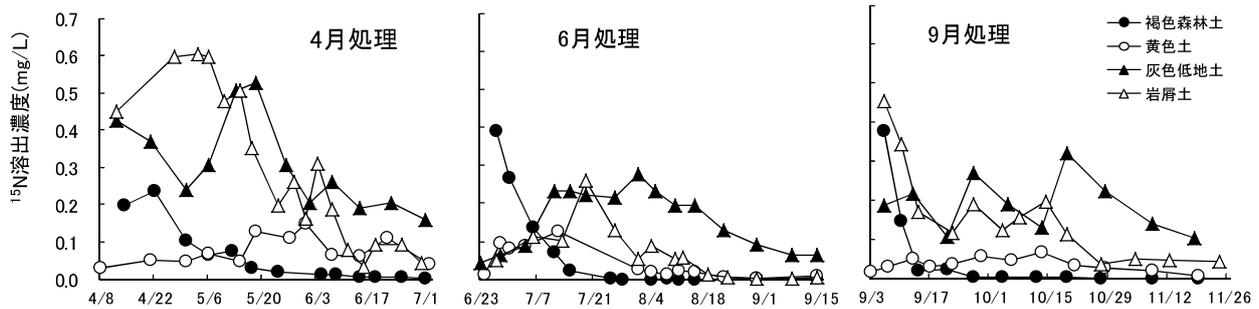
y: ^{15}N 処理日2011年6月20日, 解体日2011年9月20日

x: ^{15}N 処理日2010年9月1日, 解体日2010年12月1日

w: かん水毎に測定した地下浸透水中 NO_3^- 濃度の平均

v: かん水毎に測定した地下浸透水中 ^{15}N 濃度の平均

u: 施用 ^{15}N 全量(4.036 g)に対する割合(溶出率)



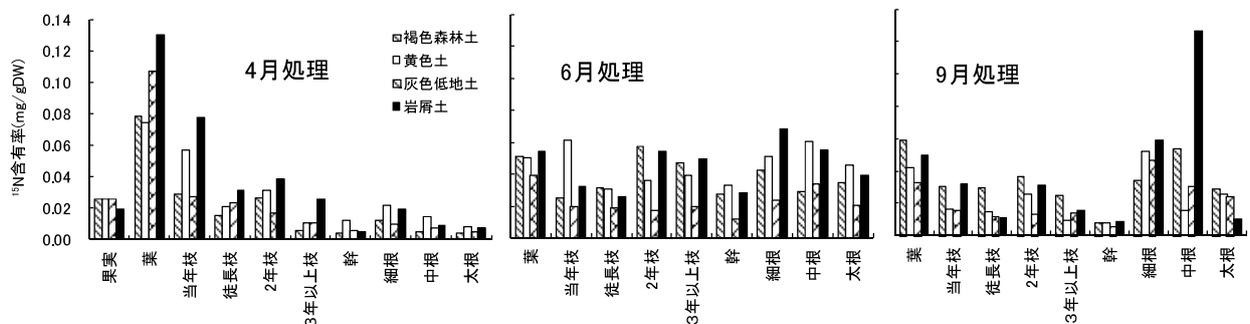
第1図 ^{15}N 溶出濃度の推移

であった。褐色森林土および黄色土は低く推移した。6月処理区では褐色森林土が処理直後に高く、その後低下した。灰色低地土は処理20日後にかけて濃度が上がり、その後ゆるやかに低下した。岩屑土は処理1か月後にピークを示したがそれ以外は低く推移した。黄色土は低く推移した。9月処理区では灰色低地土は高く推移した。褐色森林土は処理直後に高く、その後急速に低下した。岩屑土は処理直後に高くその後処理2か月後にかけてゆるやかに低下した。黄色土は低く推移した。

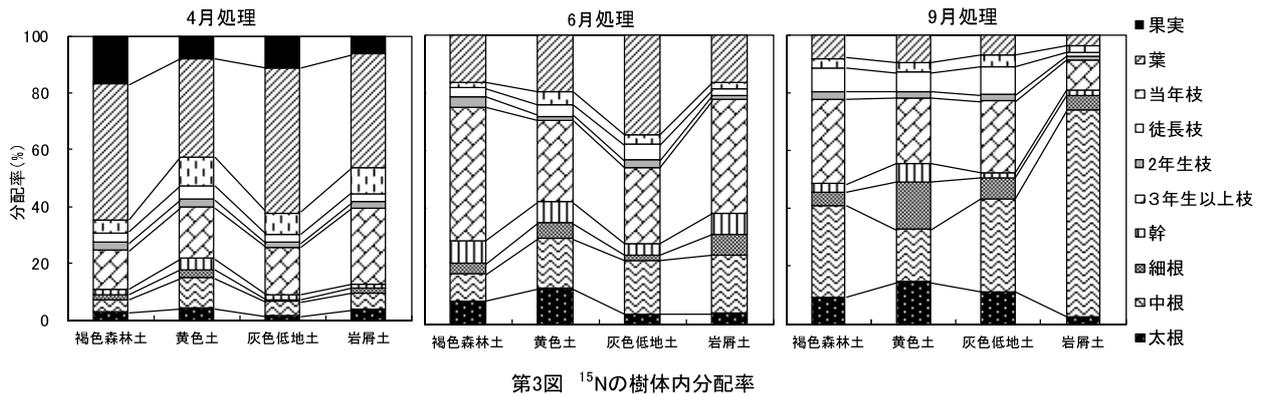
溶出した ^{15}N の全量は、4月処理区では岩屑土、灰色低地土、黄色土、褐色森林土の順に、6月処理区では灰色低地土、褐色森林土、岩屑土、黄色土の順に、9月処理区では灰色低地土、岩屑土、褐色森林土、黄色土の順に多かった(第2表)。施用 ^{15}N 全量に対する溶出 ^{15}N 量の割合は、4月処理区は岩屑土が高く4.1%、灰色低地土1.5%、黄色土0.6%、褐色森林土0.3%であった。6月処理区は灰色低地土2.8%、褐色森林土1.0%、岩屑土0.4%、黄色土0.3%であった。9月処理区は灰色低地土1.8%、岩屑土1.6%、褐色森林土および黄色土0.4%であった。

樹体の各器官における ^{15}N 含有率を第2図に示した。土壌タイプ別では、4月処理区は岩屑土が高く、6月処理区は岩屑土および黄色土が高く、灰色低地土は低い傾向であった。9月処理区は岩屑土および褐色森林土が高く、灰色低地土は低かった。4月処理区ではいずれの土壌も葉での含有率が最も高く、6月処理区では4月処理区より葉での含有率が低下し越年枝、幹および根での含有率が高まった。9月処理区では枝、幹および太根の含有量が6月より減少した。

樹体に吸収された ^{15}N の各器官への分配率は、4月処理区では、褐色森林土および灰色低地土で葉の割合が高く、岩屑土は他に比べて3年生以上枝の割合が高かった(第3図)。6月処理区では、褐色森林土および岩屑土は3年生以上枝の割合が高く、黄色土は太根と中根の合計が29%と高い一方3年生以上枝の割合は低かった。灰色低地土は葉の割合が高かった。9月処理区では、太根、中根、細根を合わせた根の分配率合計は褐色森林土46%、黄色土49%、灰色低地土50%、岩屑土79%といずれも高かった。岩屑土は特に中根の割合が71%と非常に高かった。



第2図 樹体の各器官における ^{15}N 含有率(乾物1gあたり)

第3図 ^{15}N の樹体内分配率

樹体に吸収された ^{15}N 量は、4月処理区では土壤による差は小さいが岩屑土が最も多く、6月処理区では褐色森林土、黄色土、岩屑土、灰色低地土の順に多く、9月処理区では褐色森林土、岩屑土、灰色低地土、黄色土の順に多かった(第3表)。施用 ^{15}N 量に対する吸収量の割合(吸収率)は、4月処理区では高い岩屑土で29%、褐色森林土および黄色土は約23%、灰色低地土は18%であった。6月処理区では褐色森林土は88%、黄色土69%、岩屑土51%、灰色低地土が最も低く36%であった。9月処理区では褐色森林土は60%、岩屑土は52%、灰色低地土は29%、黄色土は低く18%であった。

解体調査時の土壤中無機態窒素含量は、いずれの処理時期においても灰色低地土が最も多くなった(第4表)。4月処理区および6月処理区は岩屑土が最も少なく、9月処理区は褐色森林土が最も少なかった。また、いずれの土壤タイプも6月処理区、9月処理区に比べて4月処理区が多くなった。

第3表 ^{15}N の樹体吸収量、溶出量および割合

	樹体吸収		
	^{15}N 量(g)	割合 ^z (%)	
4月処理	褐色森林土	0.95	23.4
	黄色土	0.91	22.6
	灰色低地土	0.74	18.4
	岩屑土	1.16	28.8
6月処理	褐色森林土	3.54	87.7
	黄色土	2.77	68.7
	灰色低地土	1.45	35.8
	岩屑土	2.06	51.1
9月処理	褐色森林土	2.40	59.5
	黄色土	0.73	18.1
	灰色低地土	1.17	29.1
	岩屑土	2.11	52.3

z: 施用 ^{15}N 全量(4.036 g)に対する割合(吸収率)

第4表 解体時の土壤中無機態窒素含量

		無機態窒素 (mg/100g土)
4月処理	褐色森林土	2.8
	黄色土	5.4
	灰色低地土	16.5
	岩屑土	1.9
6月処理	褐色森林土	0.7
	黄色土	1.9
	灰色低地土	2.2
	岩屑土	0.5
9月処理	褐色森林土	0.3
	黄色土	1.8
	灰色低地土	3.4
	岩屑土	0.8

注) 深さ20 cmまでの表層土壤

4月処理: 2010年7月5日採取

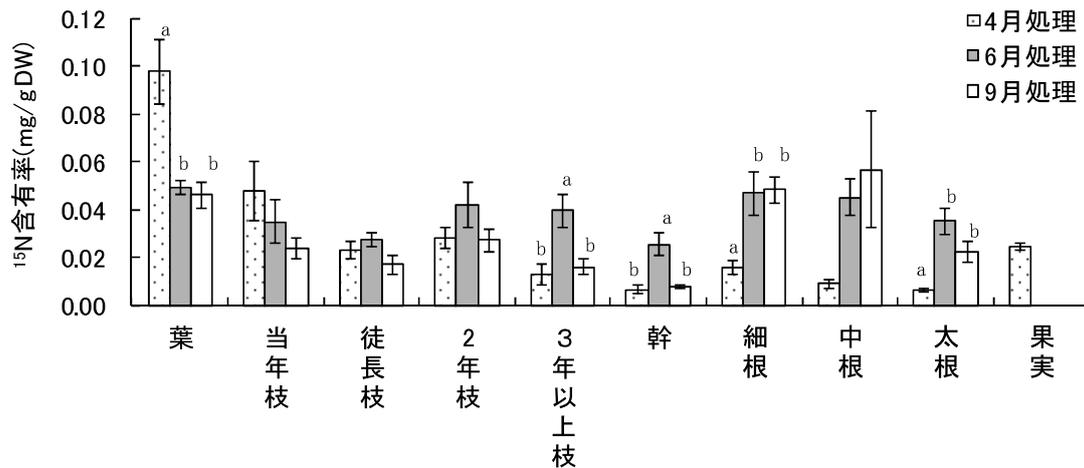
6月処理: 2011年9月20日採取

9月処理: 2010年12月1日採取

Tukey法により有意差なし(n=3)

2. 施用時期による比較

前述の結果について、4月処理区、6月処理区および9月処理区における4土壤タイプの結果を平均し処理時間期間で比較したところ、樹体の各器官における ^{15}N 含有率は、4月処理区では6月処理



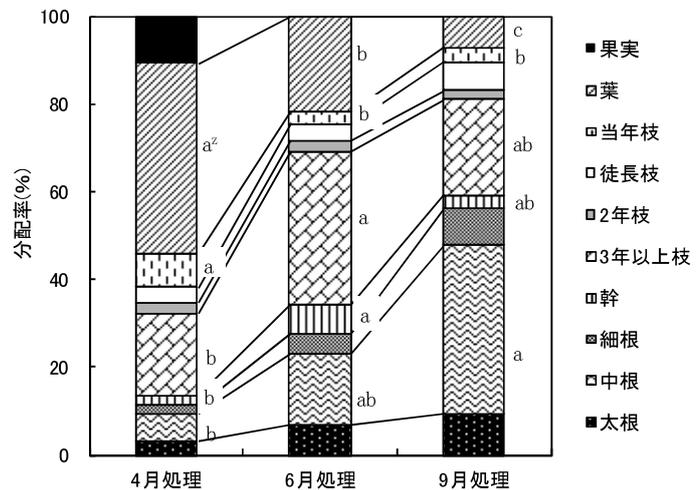
第4図 樹体の各器官における¹⁵N含有率(4土壌タイプ平均)

図中の縦線は標準誤差(n = 4)を示す

図中の異なる英小文字間にはTukey法により5%水準で有意差があることを示す

区および9月処理区に比べて葉の含有率が高く、細根および中根の含有率が低かった(第4図)。6月処理区では4月処理区および9月処理区に比べて3年生以上枝および幹の含有率が高かった。

樹体に吸収された¹⁵Nの各器官への分配割合の施肥時期ごとの平均は、4月処理区は葉が43%、当年枝が8%と、6月および9月処理区に比べて高かった(第5図)。果実の分配率は11%であった。6月処理区は3年生以上枝が35%、幹が7%と4月処理区に比べて高かった。9月処理区は中根が38%と4月処理区より高く、根全体でも9月処理区56%、6月処理区28%、4月処理区11%と、9月処理区が6月および4月処理区に比べて高かった。9月処理区の葉の分配率は7%と低かった。



第5図 ¹⁵Nの樹体内分配率(4土壌タイプ平均)

z 同一器官の異なる英小文字間に、Tukey法により5%水準で有意差があることを示す(n = 4)

第5表 ¹⁵Nの樹体吸収量、溶出量および割合(4土壌平均)

	樹体吸収		溶出 ^z	
	¹⁵ N量(g)	割合 ^y (%)	¹⁵ N量(g)	割合 ^y (%)
4月処理	0.94 b ^x	23.3 b	0.066 a	1.6 a
6月処理	2.46 a	60.8 a	0.046 a	1.1 a
9月処理	1.60 ab	39.7 ab	0.042 a	1.0 a

z: 地下浸透水中への溶出

y: 施用¹⁵N全量(4.036 g)に対する割合(吸収率)

x: 異なる英小文字間に、Tukey法により5%水準で有意差があることを示す(n = 4)

¹⁵Nの樹体吸収率および溶出率の4土壌タイプ平均について、4月処理区、6月処理区、9月処理区の樹体への吸収率はそれぞれ23.3%、60.8%、39.7%で、6月処理区は4月処理区に比べて高かった(第5表)。溶出率は処理時期による有意な差は見られなかった。

解体時の細根および中根の合計乾物重と ^{15}N の樹体吸収率との間に、6月処理区は1%水準で、9月処理区は5%水準で有意な正の相関が認められた(第6図)。

考 察

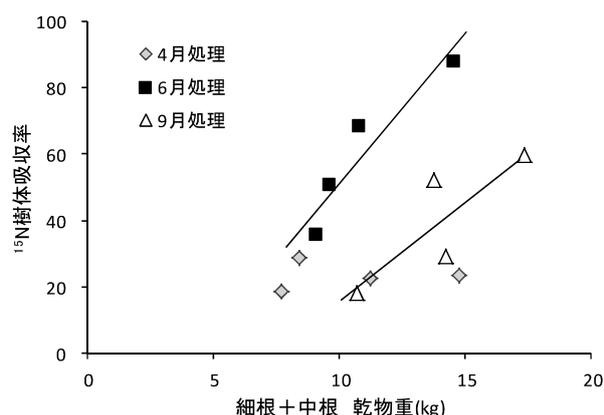
和歌山県のウメ産地を代表する4種類の土壌、褐色森林土、黄色土、灰色低地土および岩屑土に植栽した9~10年生‘南高’の時期別窒素吸収特性および溶脱特性を調査した。

^{15}N を施肥した日から解体日までの約3か月間における ^{15}N の地下浸透水への溶脱は、施肥直後にやや高くなる土壌があったが最高で0.6ppmであり、いずれの土壌においても非常に低いレベルであった。その中では灰色低地土の溶脱濃度が高かったが、地下浸透水中 NO_3^- 濃度も高いことから、元々土壌中窒素が多いため窒素溶脱濃度が高かったと考えられた。地下浸透水1L中の NO_3^- 量に対する ^{15}N 量の割合は灰色低地土は0.02~0.05%であったが、それ以外の土壌は0.2~0.7%であった。このことから、灰色低地土は元々土壌中にあった窒素の溶脱が多いため ^{15}N の溶脱も多いが、施用した窒素が直ちに溶脱される割合は他の土壌に比べて低いことが明らかとなった。一方、岩屑土は施用 ^{15}N 全量に対する3か月間に溶脱した ^{15}N 量の割合が灰色低地土に並んで高く、4月に施用した窒素の4.1%が溶脱した。このことから、岩屑土は年間を通じた地下浸透水への NO_3^- の溶脱は比較的少ないが(岡室ら, 2010)、施肥直後は肥料由来の窒素が溶脱されやすいと考えられた。岩屑土は保水性が低くかん水後の浸透水量が多いため、樹体に吸収されるまでに土壌中溶液に溶けて存在していた ^{15}N が溶脱されやすかったと考えられた。褐色森林土と黄色土は施肥直後の窒素の溶脱は比較的少ないことがわかった。ただし、今回の試験は施設内での試験であり、かん水量は降雨量より少なかったことから、降水量が多くなるに従い溶脱量も多くなると考えられ、この点を考慮する必要がある。

次に、樹体の各器官における ^{15}N 含有率と ^{15}N の樹体内分配率から、施肥時期ごとの窒素利用器官について考察する。

各器官における ^{15}N 含有率は、いずれの処理時期においても土壌タイプによる差は見られたが、各器官への配分の傾向は類似していた。4月に施肥した窒素はいずれの土壌タイプにおいても葉へ多く分配され、褐色森林土および灰色低地土では分配率が約50%であった。当年枝への分配率も4月施肥が最も高かった。また、地下部への分配はいずれも20%以下と少なく、果実への分配は10%程度であることが確認された。高野(1985)は4月上旬の春肥重点施用で新梢長が長くなり、徒長枝発生本数が多くなるなど樹勢が旺盛になることを報告している。また、モモにおいても4月11日に施用した ^{15}N の4ヶ月後の葉への分配率は66%と高く、4月に施用した窒素は新しく活動的な器官に多く配分されることが報告されており(佐々木・佐藤, 1987)、本試験の結果はこれとよく似た傾向であった。このことから、4月に吸収した窒素の多くが葉および新梢の生長に利用されることが確認された。

6月に施肥した窒素では ^{15}N 含有率の器官間の差は小さく、葉、新梢、2年生以上の枝、地下部の



第6図 解体時の細根+中根乾物重と ^{15}N 樹体吸収率の関係

	回帰式	相関係数
6月処理	$y=8.56x-32.98$	$r=0.939^{**}$
9月処理	$y=5.93x-43.27$	$r=0.833^*$

**は1%水準で、*は5%水準で有意性があることを示す

いずれにも同程度の濃度で吸収されていた。分配率では葉、3年生以上枝および中根の割合が高かった。この結果は、6月から8月にかけての期間では葉や新梢の生育のピークが終了し、越年枝や根への吸収が増えたためと考えられた。

9月に施肥した窒素は、いずれの土壌タイプにおいても¹⁵N含有率は枝で低くなり、根で高くなった。また、樹体内分配率では直径2~20mmの中根で他の処理区より高く、根全体に占める分配率も4土壌平均で56%と高かった。チャでは直径2mm以下の細根が根系全体の呼吸活性および窒素吸収活性の大部分を担い、直径2mm以上の木化根に炭水化物が多く貯蔵されることが報告されている(岡野・大前, 1996)。このことから、中根に多く分配された窒素は貯蔵養分として利用されると考えられた。1999年に9年生‘南高’を用いて行った¹⁵Nトレーサー法による試験(以下、¹⁵N試験)においても、9月14日に施用し12月6日に解体した結果、根の¹⁵N分配率は44%と多くなっており(岡室ら, 2014)、本試験とよく似た結果となった。これらのことから、9月に施用した窒素は根に多く貯蔵されると考えられた。岩屑土において中根の¹⁵N含有率が特に高まった理由は不明であり、本試験は1反復で行ったため再確認が必要である。

次に、3か月後の樹体への¹⁵N吸収率(¹⁵N全吸収量が施用¹⁵N全量に占める割合)は、4月施肥は18~29%、9月施肥は18~60%であったのに対し6月施肥は36~88%と最も高かった。浅見(1952)は果樹園の窒素利用率を50%と推測している。また、重窒素を用いた施肥試験から、落葉果樹の肥料利用率はリンゴが16~42%、モモで30~48%、ブドウは47~58%の範囲にあったことが報告されている(梅宮, 2001)。施肥時期による利用率の違いについての報告は落葉果樹では少ないが、モモでは4月11日施肥¹⁵Nの約4か月後における吸収率が48.4%で、9月5日施肥¹⁵Nの約3か月後における吸収率は43.7%であったという報告(佐々木・佐藤, 1987)がある。4月施肥は吸収期間が異なるため比較できないが、9月施肥の吸収率は本試験と近い値といえる。また、著者らはウメを用いて1999年に行った¹⁵N試験において、9月に施用後3か月間の¹⁵N吸収率は21%であったことを報告している(岡室ら, 2014)。今回の9月施肥の吸収率がこれより高い理由として、1999年の¹⁵N試験は露地で行っており、さらに施肥後30日間部分マルチにより降雨を遮断していたの比べ、今回の試験では適宜かん水を行ったことによると考えられた。このことにより、適正なかん水を行えば肥料吸収率が高まることが示唆された。

本試験は施設内で一定の条件でかん水を行ったことから、露地条件よりかん水量が少なかったこと、一方で過乾燥状態になることもなかったこと、大雨による溶脱がなかったこと、傾斜地でなかったことなどにより、自然の栽培条件での吸収率を正確に表すものとはいえない。しかしながら、樹体の能力として施肥窒素の吸収利用率は時期により異なり、6月施肥の吸収率が高く4月施肥の吸収率が低いことが明らかになった。樹種は異なるが、ウンシュウミカンにおける3月、4月および5月の¹⁵N吸収率の比較では、5月、4月、3月の順に高く、その要因は地温の差による根の吸肥能の違いに加えて、シンクとなる地上部各器官の生育ステージの違いの影響と考えられている(石川, 2009)。本試験において、葉や新梢の生育が始まったばかりである4月施肥の吸収率が低かった要因も同様であると考えられた。また、ウメにおいて根の伸長速度を5月から翌年1月にかけて調査した結果、6月が最も早かったことや、根でのN含有量が6月に高まったこと(岡室ら, 2006)から、6月施肥の吸収率が最も高かった要因の一つとして、根の吸肥能が高かったことが考えられた。

土壌タイプ別には、4月処理区では岩屑土の吸収率が高く、灰色低地土が低かった。灰色低地土はいずれの時期にも低く、これは土壌中の無機態窒素含量が元々多いため、施肥窒素への依存度が

低くなることによると考えられた。岩屑土の吸収率はいずれの処理時期においても比較的高く、これは土壌の無機態窒素含量が少ないため施肥窒素への依存度が高いことが要因と推測される。4月処理区で岩屑土の吸収率が最も高かった理由は不明であるが、4～5月の地温が4種類の土壌の中で最も高い（データ略）ことなどが影響している可能性がある。

6月処理区では褐色森林土の ^{15}N 吸収率が88%と非常に高く、次いで黄色土が69%であった。褐色森林土については各器官の ^{15}N 含有率は他の土壌と同程度であったが、樹体が大きく各部位の全乾物重が大きかったため全吸収量が最も多くなった。6月処理の樹体の全乾物重は褐色森林土、灰色低地土、黄色土、岩屑土の順に大きく、灰色低地土を除けば樹体が大きいほど ^{15}N 吸収率が高くなった。

9月処理区では褐色森林土の吸収率は6月処理区より低いものの60%と高かった。黄色土は吸収率が18%と低くなった。黄色土は樹体の大きさは中程度であったが、 ^{15}N 含有率が全体に低かったため吸収量が少なかった。この原因は不明であり、本試験は1反復で行ったため再確認が必要である。

処理時期別に解体時の細根と中根を合わせた根の乾物重と ^{15}N 吸収率の関係を調べたところ、6月処理区と9月処理区においては、細根および中根量が多いほど吸収率が高くなる傾向が見られた。このことから、6月以降は土壌タイプによる施肥窒素吸収率の違いは、樹体の細～中根（直径20mm未満）の量の違いが一つの要因であり、肥料の吸収効率を高めるためには根を増やすための土づくりが重要であると考えられた。

解体調査時の土壌中無機態窒素含量は、いずれの土壌も4月処理が高かったが、これは樹体による吸収が少なかったためと考えられた。

以上の結果、ウメの施肥時期において最も吸収率が高いのは6月であり、6月の施肥に重点を置くことで効率よく施肥できると考えられた。4月施肥は6月や9月に比べて樹体による吸収率が低く、土壌に残留する量が多くなるため、6月および9月より少ない施肥量でよいと考えられた。なお、4月に施肥した窒素は葉を中心に樹体生長に多く利用されることから、幼木などでは多めに施用することで樹体成長が旺盛になると考えられる。

土壌タイプ別では、褐色森林土が吸収率が高く、樹体も大きいいため窒素の利用効率が高いと考えられた。岩屑土は施用直後の窒素の溶脱がやや多いため、分施する方がよいと考えられた。灰色低地土のように土壌中窒素の多い肥沃な土壌では、施用窒素の吸収率が低いことに加えて溶脱量が多いため、減肥が可能であると考えられた。黄色土は褐色森林土と岩屑土の中間程度の特徴であった。

摘 要

和歌山県内のウメ園の主要な土壌である褐色森林土、黄色土、灰色低地土および岩屑土に植栽した9年生および10年生‘南高’を用いて、4月上旬（実肥）、6月下旬（礼肥）、9月上旬（基肥）に施用した窒素吸収および溶脱特性について ^{15}N トレーサー法を用いて調査した。

1. 4月上旬に施用した窒素の3ヶ月間での吸収率は、岩屑土29%、褐色森林土および黄色土23%、灰色低地土18%であった。
2. 6月下旬に施用した窒素の3ヶ月間での吸収率は、褐色森林土88%、黄色土69%、岩屑土51%、灰色低地土36%と、3回施用したうち最も肥効が高かった。
3. 9月上旬に施用した窒素の3ヶ月間での吸収率は、褐色森林土60%、岩屑土52%、灰色低地土

29%であった。

4. 岩屑土は施肥直後に地下浸透水への溶脱が多く、灰色低地土は土壌中無機態窒素含量が多いため、 ^{15}N の溶脱も多かった。
5. 4月施用窒素は葉および新梢に多く分配され、6月施用窒素は樹体全体に分配され、9月施用窒素は根に多く分配された。
6. 以上の結果、4月施肥は6月、9月施肥に比べて吸収率が低いため、6月および9月施肥の割合を高めるとよいと考えられた。また、岩屑土は施肥後の溶脱が多いため分施するのがよいと考えられ、灰色低地土は施肥量を減らせる可能性が示唆された。

謝 辞

本試験を実施するにあたり、樹体の堀上げ、分析試料の調整に多大なご協力をいただいたみなべ町うめ21研究センターの平喜之氏、うめ研究所のアルバイト職員の皆様、元現業技能員の西野峯廣氏、中岡照雄氏には厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 浅見与七. 1952. 果樹栽培汎論. 土壌肥料編. P.161-192. 養賢堂. 東京
- 石川 啓. 2009. ウンシュウミカン樹における春肥の施肥時期が樹体の窒素吸収に及ぼす影響. 園学研. 8 : 19-25.
- 岡室美絵子・桑原あき. 土田靖久. 2010. 和歌山県のウメ園土壌における肥料成分の溶脱特性. 園学研. 9(3) : 299-304
- 岡室美絵子・佐原重広・横谷道雄・嶋田勝友・鯨 幸和. 2014. ^{15}N 利用による窒素の施肥時期とウメの吸収特性. 和農林水研報. 2 : 95-104.
- 岡室美絵子・土田靖久. 2012. ウメ‘南高’樹の土壌タイプ別年間養分吸収量の推定. 和農林水研報. 1 : 85-101
- 岡室美絵子・上門洋也・桑原あき・山田知史. 2006. ウメ‘南高’の新根の生長特性. 和歌山農技セ研報. 7 : 73-79.
- 岡野邦夫・大前 英. 1996. チャの根系を構成する様々な直径の根の生理機能の定量的評価. 日作紀. 65: 605-611.
- 佐々木生雄・佐藤雄夫. 1987. ^{15}N 利用によるモモに対する窒素の施肥時期と吸収状況. 福島園試研報. 8 : 17-23
- 高野隆志. 1985. ウメの樹体生長と生産力に及ぼす窒素施用時期の影響. 福井園試報. 4 : 1-16.
- 梅宮善章. 2001. 果樹類の省力・環境保全的施肥管理. 窒素負荷を軽減する新施肥法. p. 238-274. 安田 環・越野正義共編. 環境保全と新しい施肥技術. 養賢堂. 東京.
- 和歌山県農林水産部. 2011. 土壌肥料対策指針(改訂版). P.76-80.
- 和歌山県うめ対策研究会. 2000. ウメ生育不良の原因解明と対策技術への提言. P.91-98.
- 渡辺 毅. 1995. 施肥. 施肥と土壌管理. 基本技術編. ウメ. p. 45-50 の3. 農業技術大系果樹編6. 農文協. 東京.