

# リン酸あるいはカリ肥料の無施用がウメ‘南高’樹体に及ぼす影響

岡室美絵子<sup>1</sup>・土田靖久・城村徳明<sup>2</sup>

和歌山県果樹試験場うめ研究所

## Effects of No-Fertilization of Phosphate or Potassium on Japanese Apricot 'Nanko' Tree

Mieko Okamuro, Yasuhisa Tsuchida and Noriaki Jomura

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

### 緒言

2008年に世界経済の三F危機（金融・燃料・食料）と連動した資源インフラの一環で、窒素・リン酸（ $P_2O_5$ ）・カリ（ $K_2O$ ）の肥料原料価格が高騰し（高辻，2008），その後急激な価格上昇は落ち着いたものの依然として肥料価格の値上がりが続いている．特にリン酸とカリの価格上昇が大きく，コスト低減対策としてウメにおけるリン酸およびカリの減肥が望まれている．ウメ樹体のリン酸・カリ吸収量は明らかにされている（渡辺，1987；岡室ら，2013）が，土壌中のリン酸およびカリがどの程度少ないと樹体に影響が現れるか，またどのような影響が現れるかは明らかでない．一方で，リン酸は土壌に集積されやすい特性があり，和歌山県内の果樹園土壌においても可給態リン酸が基準値を上回る園が多いことが報告されている（林ら，2007）ため，このような園では，特にリン酸肥料の施肥を削減できると考えられる．

そこで，本報ではウメ樹へのリン酸あるいはカリの無施用が土壌およびウメ樹体に及ぼす影響を調査し，リン酸およびカリの減肥の可能性について検討したので報告する．

### 材料および方法

2009年3月から，うめ研究所内平坦園（褐色森林土）に植栽の‘南高’8年生樹を供試して6年間試験を行った．リン酸およびカリの土壌への集積が進んだ園地では減肥による影響が出にくいことが予測されたため，これらの土壌中含有量が比較的少ない園地を選定した．試験を行ったほ場の土壌の，試験開始時の土壌中可給態リン酸含量は，ウメの土壌診断基準が10~50mg/100g土（和歌山県農林水産部，2011）であるのに対して12~41mg/100g土と適正域内であった．交換性カリは19~39mg/100g土であり，苦土／カリ当量比はウメの診断基準が2~3であるのに対し5~13と高く，苦土に対してカリが不足していることを示す条件であった．

試験区は窒素（以下N），リン酸，カリをウメ施肥基準（和歌山県農林水産部，2011）に準じて施用する「標準区」，Nおよびカリを標準区と同量施用し，リン酸を施用しない「P0区」，Nお

---

<sup>1</sup>現在：和歌山県果樹試験場，<sup>2</sup>現在：経営支援課

第1表 肥料成分施用量

(単位:g/樹)

	施肥日	P0区			K0区			標準区			
		窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	
1年目 (2009年)	4/2	40	0	53	40	22	0	40	22	53	
	実肥	4/13	40	0	53	40	22	0	40	22	53
		5/1	40	0	53	40	22	0	40	22	53
		6/18	53	0	29	53	30	0	53	30	29
	礼肥	7/2	53	0	29	53	30	0	53	30	29
		7/14	53	0	29	53	30	0	53	30	29
		9/16	40	0	35	40	22	0	40	22	35
	元肥	10/1	40	0	35	40	22	0	40	22	35
		10/15	40	0	35	40	22	0	40	22	35
		年計	400	0	352	400	224	0	400	224	352
2年目 (2010年)	4/6	60	0	79	60	34	0	60	34	79	
	実肥	4/14	60	0	79	60	34	0	60	34	79
		5/7	60	0	79	60	34	0	60	34	79
		6/18	80	0	44	80	45	0	80	45	44
	礼肥	7/2	80	0	44	80	45	0	80	45	44
		7/12	80	0	44	80	45	0	80	45	44
		9/14	60	0	53	60	34	0	60	34	53
	元肥	10/4	60	0	53	60	34	0	60	34	53
		10/12	60	0	53	60	34	0	60	34	53
		年計	600	0	528	600	336	0	600	336	528
3年目 (2011年)	4/5	120	0	106	120	67	0	120	67	106	
	実肥	5/6	120	0	106	120	67	0	120	67	106
		7/5	320	0	282	320	179	0	320	179	282
	元肥	9/22	120	0	106	120	67	0	120	67	106
		10/11	120	0	106	120	67	0	120	67	106
	年計	800	0	704	800	448	0	800	448	704	
4年目 (2012年)	4/5	80	0	70	80	45	0	80	45	70	
	実肥	4/19	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		5/9	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		6/26	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	礼肥	7/4	107	0	94	107	60	0	107	60	94
		7/17	107	0	94	107	60	0	107	60	94
		9/19	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	元肥	10/1	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		10/10	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		年計	800	0	704	800	448	0	800	448	704
5年目 (2013年)	4/5	80	0	70	80	45	0	80	45	70	
	実肥	4/18	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		5/9	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		6/25	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	礼肥	7/5	107	0	94	107	60	0	107	60	94
		7/16	107	0	94	107	60	0	107	60	94
		9/19	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	元肥	10/7	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		10/21	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		年計	800	0	704	800	448	0	800	448	704
6年目 (2014年)	4/7	80	0	70	80	45	0	80	45	70	
	実肥	4/23	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		5/7	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		6/20	107	0	94	107	60	0	107	60	94
	礼肥	7/4	107	0	94	107	60	0	107	60	94
		7/22	107	0	94	107	60	0	107	60	94
		9/18	80	0	70	80	45	0	80	45	70
	元肥	9/30	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		10/14	80	0	70	80	45	0	80	45	70
		年計	800	0	704	800	448	0	800	448	704

よびリン酸を標準区と同量施用し、カリを施用しない「K0区」とし、各区3樹ずつとした。授粉樹からの平均距離は標準区およびK0区が5.3m、P0区が10.1mであった。

施用量および施肥時期は第1表に示すように、年間の施用量を窒素およびリン酸については実肥30%、礼肥40%、元肥30%、カリについては実肥45%、礼肥25%、元肥30%の割合で施用した。速効性肥料を用いたため、実肥、礼肥、元肥をそれぞれさらに3回に分けて等量ずつ施用した。実肥は4月上旬から5月上旬、礼肥は6月中下旬から7月中下旬、元肥は9月中旬から10月中旬に施用した。施肥には、硫安(N21%)、NK化成2号(N16%、カリ16%)、BMヨウリン(リン酸20%)、硫加(カリ50%)を用いた。2010年9月に牛ふんオガクズ堆肥を全区に1樹あたり40Lずつ、2012年11月に粒状炭酸苦土石灰を全区に1樹あたり3kgずつ施用し、それ以外は堆肥および石灰質資材の施用は行わなかった。なお、肥料、堆肥および石灰はいずれも表面施用とした。

実肥、礼肥および元肥の施用前に土壌の採取を行い、理化学性を調査した。具体的には、2009年3月12日、6月18日、9月11日、2010年3月12日、9月14日、2011年3月14日、9月16日、2012年4月5日、9月10日、2013年3月28日、9月18日、2014年3月24日、9月8日に供試樹の樹冠外周部の土壌(深さ20cm以内)を採取し、pH、無機態窒素含量(蒸留法、6年目は測定なし)、交換性塩基類含量(原子吸光法)、可給態リン酸含量(トルオーグ法)を測定した。2009~2012年は各区3か所から採取した土壌を混合して1点とし、2013年以降は各区3か所から採取して3点として測定した。

また、2009年から2013年の5年間、供試樹1本につき1本の垂主枝あるいは側枝の着果数を毎年4月末および5月末に計測し、この期間に落果した果実数を生理落果数として4月末の着果数に対する生理落果率を求めた。果実は青果収穫適期である2009年6月12日、2010年6月14日、2011年6月21日、2012年6月13日、2013年6月12日、2014年6月9日に収穫して、全収量および階級別収量を求めた。ただし、2013年および2014年においては完熟果収穫用に一部の果実を残し、全収量は青果収穫果実重量と完熟落下果実の合計値とした。青果収穫果実の2L果(重さ約25g)から2009年は5果ずつ、2010年以降は10果ずつ平均的な果実をサンプリングし、青果果実の熟度指標である毛じの抜け具合および果実硬度を調査した。毛じの抜け具合は果実表面全体を100%として毛じの抜けた面積割合を達観で調査し、果実硬度は直径5mmの円柱形プランジャーを装着したレオメーター(サン科学、COMPACT100)を用い、60mm/minの速度で1mm貫入する時の最大負荷を測定した。測定後、同じ果実5果および10果から種を除いた果肉(果皮を含む)をほぼ均等に約60g取り、80°Cで通風乾燥した後、粉碎し無機成分含量測定を試料とした。果実中無機成分は、窒素については有機元素分析装置(ジェイ・サイエンス・ラボ社、マイクロコーダーJM1000CN)で測定し、リン(以下P)、カリウム(以下K)、カルシウム(以下Ca)、マグネシウム(以下Mg)については試料を乾式灰化(180°C2時間、580°C5時間)により分解し、Pはバナドモリブデン酸法で、K、Ca、Mgは原子吸光法で測定した。

2013年は各樹3枝ずつ、2014年は2枝ずつ側枝をネットで被覆し、自然に完熟落下した果実を適宜採取した。採取期間は2013年は6月17日から7月8日まで、2014年は6月18日から7月8日までであった。採取果実数は1樹あたり約20~40果であり、採取日に果実重の20%重の食塩で塩漬けし、2013年は7月29日から4日間、2014年は8月18日から5日間天日干しし、天日干し終了日に梅干しの外皮の軟らかさ、切れ果率、シヨリ果率を調査した。外皮の軟らかさについては1(非常に軟らかい)、2(軟らかい)、3(普通)、4(硬い)、5(ガリ)の5段階で評価した。

葉はいずれの年も8月上中旬に中果枝中位葉を各樹10枚ずつ採取し、葉中無機成分含有率を上記

果実と同じ方法で測定した。2012年に採取した葉については葉緑素計（コニカミノルタ株式会社，SPAD-502）でSPAD値を測定した。光合成速度および蒸散速度は2013年6月13日と8月8日（晴天日）の午前中に携帯型光合成蒸散測定装置（Licor社，LI-6400）により2000Luxの人工光条件下で測定した。1樹につき2回測定し，平均値を用いた。樹容積はいずれの年も11月中旬に調査し，〔長径×短径×（樹高－第一主枝までの高さ）×0.7〕で求めた。徒長枝発生本数は，2009年から4年間11～12月に長さ50cm以上で基部が木化した新梢の本数を調査し，樹冠占有面積1㎡あたりの本数を算出した。

第2表 土壤中肥料成分含量の推移

			pH (H <sub>2</sub> O)	無機態N (mg/100g土)	可給態リン酸 (mg/100g土)	交換性塩基(mg/100g土)			苦土/カリ 当量比	
						CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
1年目 (2009年)	3月12日	P0	6.6	2.5	41	205	104	19	12.8	
		K0	6.6	0.8	20	141	89	20	10.2	
		標準	5.5	6.8	12	128	86	39	5.1	
	6月18日	P0	5.4	4.3	59	166	72	26	6.4	
		K0	4.7	3.7	43	147	66	21	7.4	
		標準	5.1	3.1	29	163	71	34	4.9	
	9月11日	P0	5.3	7.6	12	112	60	18	7.7	
		K0	5.1	4.2	9	123	53	25	5.0	
		標準	5.8	1.4	16	160	57	29	4.6	
2年目 (2010年)	3月12日	P0	5.3	0.7	34	354	144	64	5.3	
		K0	5.4	0.9	18	271	140	56	5.9	
		標準	5.4	0.6	23	250	150	61	5.8	
	9月14日	P0	5.4	1.0	2	108	69	23	7.1	
		K0	6.5	0.9	21	215	55	11	11.3	
		標準	5.5	1.3	9	143	64	27	5.5	
	3年目 (2011年)	3月14日	P0	6.0	0.7	7	129	81	25	7.6
			K0	5.8	0.6	8	105	85	29	6.9
			標準	6.0	0.7	2	107	89	23	9.1
9月16日		P0	5.4	0.9	2	96	71	23	7.2	
		K0	5.1	1.2	2	73	66	14	11.0	
		標準	5.7	0.6	1	99	88	25	8.4	
4年目 (2012年)		4月5日	P0	5.0	13.4	3	71	50	26	4.4
			K0	5.3	13.0	7	80	69	16	10.3
			標準	5.1	15.5	6	85	67	28	5.5
	9月10日	P0	4.3	29.0	8	39	16	31	1.2	
		K0	4.5	8.5	6	52	22	13	3.9	
		標準	4.4	9.6	11	58	24	26	2.2	
	5年目 (2013年)	3月28日	P0	4.9 ns <sup>z</sup>	2.6 ns	7 ns	52 ns	30 *	30 ns	2.3 *
			K0	4.9 ns	1.7 ns	6 ns	64 ns	50 ns	13 *	8.7 *
			標準	5.1 -	0.6 -	4 -	77 -	59 -	28 -	5.0 -
9月18日		P0	5.0 ns	10.9 ns	0 ns	69 ns	35 ns	31 ns	2.7 ns	
		K0	4.4 *	24.1 ns	2 ns	47 ns	28 *	14 **	4.7 ns	
		標準	4.9 -	14.3 -	3 -	88 -	46 -	26 -	4.1 -	
6年目 (2014年)		3月24日	P0	4.5 ns		6 *	60 ns	21 ns	21 ns	2.3 ns
			K0	4.5 ns		17 ns	57 ns	29 ns	10 **	6.6 **
			標準	4.5 -		19 -	56 -	28 -	22 -	3.1 -
	9月8日	P0	4.5 ns		3 ns	73 ns	29 ns	24 ns	2.8 ns	
		K0	4.7 ns		16 ns	96 ns	30 ns	14 **	5.0 ns	
		標準	4.7 -		14 -	91 -	34 -	23 -	3.5 -	

z: 5年目以降について，\*\*は1%，\*は5%水準でDunnettの多重比較により標準区に対して有意差があり，nsは有意差がないことを示す(n=3)．4年目以前は反復なしのため統計処理なし。

## 結果

土壌 pH は 5 年目 9 月に K0 区で標準区に比べて低かったが、それ以外の時期および P0 区では差は見られなかった（第 2 表）。いずれの区も 6.0 を下回ることが多く、年数の経過と共に低下する傾向を示した。土壌中肥料成分について、無機態窒素含量および交換性石灰（CaO）は処理による差が見られなかった。可給態リン酸については 2 年目 3 月から 3 年目 9 月にかけていずれの区も減少し、5 年目まで P0 区においても標準区と差が認められなかったが、6 年目 3 月には標準区に比べて有意に少なかった。交換性カリ（K<sub>2</sub>O）については 3 年目 9 月以降 K0 区で標準区に比べて少ない傾向を示し、5 年目以降は有意に少なかった。交換性苦土（MgO）については 5 年目 3 月に P0 区で、また 5 年目 9 月に K0 区でそれぞれ標準区に比べて少なかったが、その後差はなくなった。苦土／カリ当量比は P0 区で 4 年目 9 月以降 3 以下であったが、それ以外は 4 年目 9 月の標準区を除いて全て 3 以上であった。3 年目 9 月以降 K0 区で最も高かった。

葉中 N 含有率はいずれの区も 2.5% 以上で、3 年目および 5 年目に P0 区で、5 年目に K0 区で標準区に比べて高かった（第 3 表）。P は P0 区、K0 区とも標準区と差がなかった。K は 3 年目、4 年目および 6 年目に K0 区で標準区に比べて低くなった。Ca は K0 区で 3 年目および 4 年目に標準区に比べて高かった。Mg は 3 年目に K0 区で標準区に比べて高く、その後も高い傾向で推移した。P0 区の Mg は 4 年目、5 年目に標準区に比べて低くなり、その後も低い傾向で推移した。

4 年目における葉の SPAD 値（30 枚平均値）は、P0 区 46.9、K0 区 47.5、標準区 45.9 で、K0 区で標準区に比べて 1% 水準で有意に高かった（データ略）。

生理落果率は P0 区、K0 区ともいずれの年も標準区と差がなかった（データ略）。

果実中無機成分含有率についてみると、4 年目に K0 区で K 含有率が標準区に比べて低く、5 年目に P0 区の Ca 含有率が標準区に比べて高かったが、N、P、Mg 含有率は P0 区、K0 区とも標準区と差がなかった（第 4 表）。1 樹あたりの青果収量は、P0 区において 2 年目、5 年目および 6 年目に標準区と比べて有意に少なく、それ以外の年も少ない傾向で推移した（第 1 図）。K0 区では標準区と

第3表 葉中無機成分含有率の推移 (単位:%)

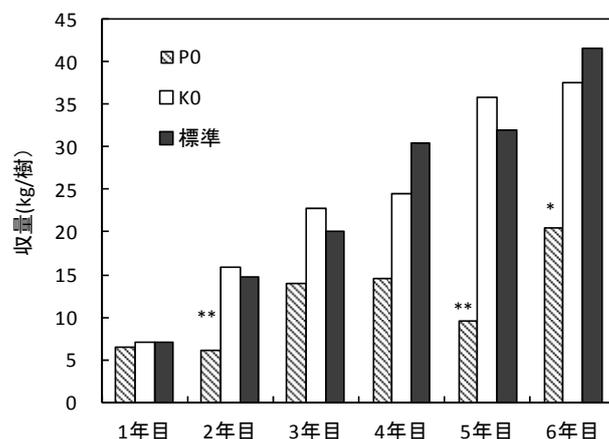
		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
N	P0	2.72 ns <sup>z</sup>	2.48 ns	2.56 *	2.75 ns	2.68 *	2.79 ns
	K0	2.75 ns	2.39 ns	2.51 ns	2.70 ns	2.70 *	2.81 ns
	標準	2.70 -	2.32 -	2.46 -	2.65 -	2.51 -	2.85 -
P	P0	0.13 ns	0.15 ns	0.14 ns	0.12 ns	0.12 ns	0.11 ns
	K0	0.13 ns	0.15 ns	0.14 ns	0.13 ns	0.12 ns	0.11 ns
	標準	0.13 -	0.14 -	0.14 -	0.13 -	0.12 -	0.10 -
K	P0	3.34 ns	4.60 ns	4.21 ns	2.62 ns	2.57 ns	3.01 ns
	K0	3.41 ns	4.54 ns	3.67 **	2.35 *	2.12 ns	2.56 **
	標準	3.35 -	4.58 -	4.15 -	2.95 -	2.39 -	3.04 -
Ca	P0	1.29 ns	1.67 ns	1.56 ns	1.12 ns	0.76 ns	1.36 ns
	K0	1.19 ns	1.65 ns	1.74 *	1.29 *	0.67 ns	1.42 ns
	標準	1.27 -	1.48 -	1.40 -	1.12 -	0.59 -	1.26 -
Mg	P0	0.27 ns	0.37 ns	0.40 ns	0.31 **	0.36 *	0.35 ns
	K0	0.26 ns	0.40 ns	0.50 **	0.44 ns	0.45 ns	0.47 ns
	標準	0.28 -	0.36 -	0.42 -	0.39 -	0.42 -	0.39 -

z: Dunnettの多重比較により標準区に対して、\*\*は1%水準、\*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なしを示す(n=3)

第4表 果実中無機成分含有率の推移 (単位:%)

		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
N	P0	1.55 ns <sup>z</sup>	1.44 ns	2.14 ns	1.63 ns	1.62 ns	1.68 ns
	K0	1.87 ns	1.50 ns	1.66 ns	1.42 ns	1.68 ns	1.89 ns
	標準	1.53 -	1.33 -	1.91 -	1.45 -	1.67 -	1.48 -
P	P0	0.26 ns	0.26 ns	0.31 ns	0.23 ns	0.23 ns	0.20 ns
	K0	0.28 ns	0.25 ns	0.27 ns	0.20 ns	0.21 ns	0.21 ns
	標準	0.25 -	0.24 -	0.28 -	0.21 -	0.21 -	0.21 -
K	P0	2.36 ns	3.03 ns	3.49 ns	1.99 ns	1.83 ns	1.70 ns
	K0	2.02 ns	3.01 ns	3.16 ns	1.73 *	1.86 ns	1.63 ns
	標準	2.28 -	2.92 -	3.38 -	1.95 -	1.94 -	1.78 -
Ca	P0	0.06 ns	0.07 ns	0.08 ns	0.07 ns	0.08 **	0.05 ns
	K0	0.06 ns	0.07 ns	0.08 ns	0.06 ns	0.06 ns	0.04 ns
	標準	0.06 -	0.05 -	0.07 -	0.06 -	0.06 -	0.04 -
Mg	P0	0.08 ns	0.10 ns	0.11 ns	0.08 ns	0.08 ns	0.08 ns
	K0	0.09 ns	0.11 ns	0.10 ns	0.07 ns	0.08 ns	0.07 ns
	標準	0.08 -	0.10 -	0.11 -	0.08 -	0.08 -	0.08 -

z: Dunnettの多重比較により標準区に対して, \*\*は1%水準, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す(n=3)



第1図 1樹あたり収量の推移(青果収穫)

注)授粉樹からの平均距離はP0区:10.1m, K0区・標準区:5.3m

Dunnettの多重比較によりP0区は標準区に対して2年目, 5年目および6年目に有意差あり(\*\*は1%, \*は5%水準), K0区は標準区に対して有意差なし(n=3)

差が見られなかった。青果収穫果実の階級構成について、P0区では標準区と差がなく、K0区で標準区と比べて2年目はS, M, L級が多く4L級が少なく、3年目はL, 2L級が多く4L級が少なく、5年目はL, 2L級が多く4L級が少なく、6年目は2L級が多く4L級が少なかった(第5表, 第2図)。青果収穫果実の果実熟度指標である毛じの抜け具合は、P0区で3年目に標準区より少なく、4年目および5年目に標準区より多かった(第6表)。K0区では標準区と差がなかった。果実硬度は、5年目にP0区で標準区に比べて軟らかく、K0区では標準区と差がなかった。梅干しの品質について、外皮の軟らかさ階級は5年目にP0区で1級(非常に軟らかい)が少なく、K0区で5級(ガリ)が少なかったが、6年目はいずれの区も標準区と差がなかった(第7表)。切れ果率, シヨリ果率についてはいずれも差がなかった。

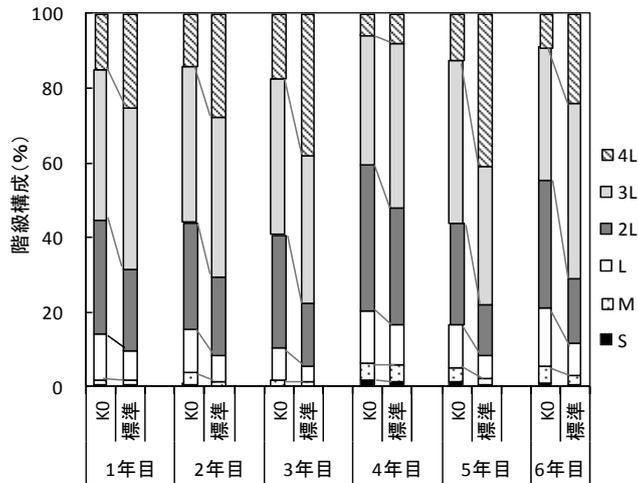
光合成速度および蒸散速度について、P0区, K0区とも標準区と差が見られなかった(第8表)。樹容積は、3年目にK0区で標準区に比べて小さくなった(第3図)。P0区では標準区と差がなかつた。

った。樹冠占有面積あたりの徒長枝発生本数については、P0区、K0区とも標準区と差が見られず、1 m<sup>2</sup>あたり約8~11本であった（第4図）。

第5表 青果収穫果の階級構成 (単位:%)

		S	M	L	2L	3L	4L
1年目	P0	0.5 ns <sup>z</sup>	1.4 ns	9.4 ns	26.6 ns	42.2 ns	19.9 ns
	K0	0.5 ns	1.5 ns	12.3 ns	30.3 ns	40.6 ns	14.9 ns
	標準	0.5 -	1.3 -	7.7 -	22.1 -	43.2 -	25.2 -
2年目	P0	0.0 ns	1.4 ns	9.9 ns	20.9 ns	39.1 ns	28.6 ns
	K0	0.8 **	3.1 *	11.9 *	28.4 ns	41.7 ns	14.2 **
	標準	0.2 -	1.2 -	6.9 -	20.9 -	43.2 -	27.6 -
3年目	P0	0.1 ns	0.9 ns	5.0 ns	18.9 ns	39.4 ns	35.8 ns
	K0	0.3 ns	1.5 ns	9.0 **	30.0 *	41.6 ns	17.6 *
	標準	0.2 -	1.4 -	4.0 -	16.8 -	39.4 -	38.2 -
4年目	P0	0.6 ns	1.9 ns	7.0 ns	26.9 ns	51.1 ns	12.4 ns
	K0	1.7 ns	4.6 ns	14.0 ns	39.1 ns	34.8 ns	5.8 ns
	標準	1.6 -	4.4 -	10.7 -	31.4 -	43.9 -	8.0 -
5年目	P0	0.4 ns	2.1 ns	6.4 ns	9.5 ns	33.8 ns	47.8 ns
	K0	1.3 ns	3.6 ns	11.7 *	27.3 **	43.5 ns	12.6 *
	標準	0.5 -	1.8 -	6.0 -	13.6 -	37.2 -	40.9 -
6年目	P0	0.1 ns	0.8 ns	4.1 ns	18.5 ns	49.2 ns	27.3 ns
	K0	1.2 ns	4.2 ns	15.7 ns	34.2 *	35.8 ns	9.0 ns
	標準	0.6 -	2.6 -	8.6 -	17.0 -	47.0 -	24.1 -

z: Dunnettの多重比較により標準区に対して\*\*は1%水準, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す(n=3)



第2図 階級構成(K0区と標準区の比較)

注) P0区は標準区と差がないため省略した

第6表 青果収穫時の果実熟度指標

		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
毛じの 抜け具 合(%)	P0	35.3 ns <sup>z</sup>	23.7 ns	16.8 *	39.7 **	27.3 **	13.0 ns
	K0	40.0 ns	25.7 ns	20.5 ns	34.0 ns	23.0 ns	12.0 ns
	標準	34.7 -	28.5 -	20.0 -	30.0 -	20.7 -	14.0 -
果実 硬度 (kg)	P0	1.55 ns	2.20 ns	1.43 ns	2.43 ns	1.77 *	2.23 ns
	K0	1.85 ns	2.16 ns	1.40 ns	2.42 ns	1.81 ns	2.32 ns
	標準	1.78 -	2.11 -	1.30 -	2.35 -	1.97 -	2.20 -

z: Dunnettの多重比較により標準区に対して\*\*は1%水準, \*は5%水準で有意差あり, nsは有意差なしを示す(n=15~30)

第7表 梅干しの品質 (単位:%)

		外皮の軟らかさ階級分布 <sup>z</sup>					切れ果率	シコリ果率
		1	2	3	4	5		
5年目	P0	4 * <sup>y</sup>	30	56	5	4	8.4	-
	K0	12	52	34	2	0 *	9.4	-
	標準	9	43	39	4	4	4.2	-
6年目	P0	43	39	18	0	0	27.9	16.4
	K0	47	40	9	0	5	22.1	2.3
	標準	40	35	21	0	4	19.4	3.0

z: 1:非常に軟らかい, 2:軟らかい, 3:普通, 4:硬い, 5:ガリ

y: Dunnettの多重比較により標準区に対して\*は5%水準で有意差あり, 表示なしは有意差なしを示す(n=3)

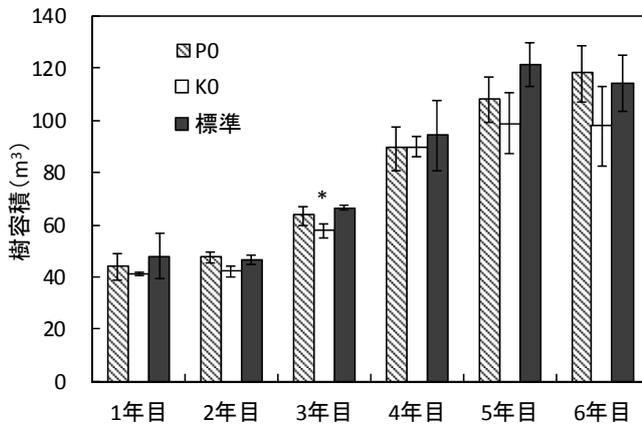
第8表 リン酸、カリ減肥と光合成・蒸散速度

	光合成速度 ( $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ )		蒸散速度 ( $\mu\text{molH}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ )	
	6月13日	8月8日	6月13日	8月8日
K0区	4.00 ns	5.94 ns	1.36 ns	4.98 ns
P0区	4.01 ns	5.35 ns	1.59 ns	5.43 ns
標準区	2.31 -	6.46 -	1.03 -	6.68 -

注) 徒長枝中位葉で晴天日の午前中に測定

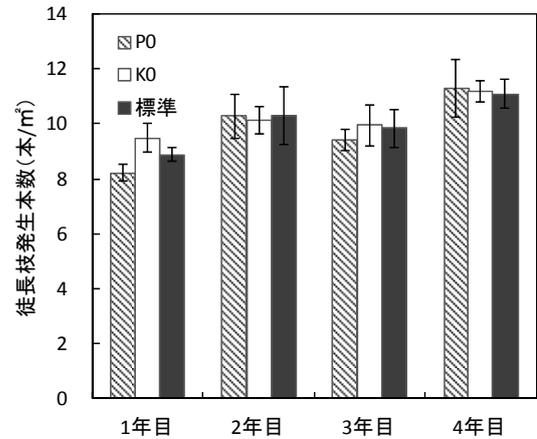
測定光条件: 2000Lux

nsは, それぞれ標準区に対してDunnettの多重比較により有意差がないことを示す(n=3)



第3図 樹容積の推移

注) 図中\*はDunnettの多重比較により標準区に対して5%水準で有意差あり, 標記なしは有意差なしを示す(n=3). 図中縦棒は標準誤差を示す.



第4図 徒長枝発生本数の推移

注) 図中縦棒は標準誤差を示す.

Dunnettの多重比較により標準区に対していずれも有意差なし(n=3)

## 考察

### 1. リン酸の無施肥による土壌およびウメ樹体への影響

リン酸肥料を全く施用せずに6年間ウメを栽培したP0区では, 土壌中可給態リン酸含量は2年目から減少したが, 標準区も同様に低下したため標準区との差は認められなかった. しかし, 6年目には標準区は10mg/100g土以上と土壌診断基準域内であったのに対し, P0区は3~6mg/100g土と

有意に少なくなった。リン酸は土壤中で鉄やアルミニウムと結合すると根に吸収されない難溶性となり、カルシウムと結合すると作物に吸収されやすいことから、カルシウム不足の酸性土壌ではリン酸が難溶性になりやすい（前田，1968）。このことから、標準区においても可給態リン酸含量が低下したのは土壌 pH の低下が要因の一つと考えられる。このように、標準区においても可給態リン酸が減少したためリン酸無施肥の影響が明瞭でなかったが、遅くとも6年目には土壌中可給態リン酸含量への影響が現れたと判断された。5年目まで土壌中リン酸含量に差が認められなかったため当然であるが、葉中あるいは果実中のリン濃度は6年間を通じて標準区と差が見られなかった。なお、葉中リン濃度のウメにおける適正域は0.16～0.20（和歌山県農林水産部，2011）とされており、P0区、標準区ともに適正域を下回っており、いずれの区においてもリンが不足していた可能性がある。しかしながら過去の試験においても葉中リン濃度は0.12～0.15%程度であることから（岡室ら，2013）、適正域の下限はアブリコット（D.J.Reuter,1986）と同じ0.14%程度と考えてもよいと思われる。この場合、試験4年目以降葉中リン濃度が0.14%を下回ったことから、ウメにおいて葉中リン濃度を適正に維持するためには、土壌中可給態リン酸量は土壌診断基準値の10mg/100g土以上が目安となると考えられた。

作物全般においてリン酸は生長の盛んな芽や根の先端、あるいは子実などに移動し、細胞の増加に役立っており、したがって、リン酸が欠乏すると根の伸長が悪くなるので肥料の吸収が悪くなり、果実などは肥大が劣り成熟も遅れる（前田，1968）とされている。また、ウメにおいては窒素やカリウムに比べると必要量は少ない（渡辺，1987；岡室ら，2013）が、新梢や細根など若い組織に比較的多く含まれており、根群の発達を促進させ、干害抵抗性を高めたり、花質や果実の品質をよくしたりする働きがあるとされている（渡辺，1995）。一方、リン酸が欠乏すると、生育が悪く葉が小さく、葉色が初めは紫色をおびた濃緑色であるが、その後葉色が淡くなり葉の光沢がなくなり、また、枝は細く、節間が長くなる。さらに欠乏が進むと落葉することがある（星川，1984）とされる。本試験において、P0区は標準区およびK0区に比べて収量が少なかったが、土壌中可給態リン酸含量には差がないことからリン酸減肥による影響ではなく、授粉樹からの距離が遠かったためと考えられた。また青果収穫時の果実熟度指標である毛じの抜け具合が大きく、果実硬度がやわらかいことから熟度が進んでいることが示された年があったが、これについても着果量等の影響と考えられた。梅干しの品質についても、5年目はP0区の外皮が標準区より硬い傾向が見られたが、6年目には影響が見られなかったことから、こちらもリン酸無施肥による影響ではないと考えられた。火山灰土壌においてはリン酸無施肥によりリンゴ、ナシ、モモ、ブドウの果実品質に影響があったという報告（建石・熊代，1977）があるが、本県の土壌は非火山灰土壌であることや、一般にリン酸が欠乏しても欠乏症状が外観に現れにくい（前田，1968）ことなどが影響して、本試験においてP0区に明確なリン酸欠乏症状は現れなかったと考えられた。ただし、リン酸を施さないとMgの吸収が悪くなる（前田，1968；建石・熊代，1977）ことが報告されており、P0区の葉中Mg含有率が4年目から低くなったのはリン酸無施用による影響である可能性がある。

これらのことから総合的に判断して、リン酸を無施用にして土壌中の可給態リン酸が10mg/100g土を下回ると、葉中リンおよびMg濃度が低くなるがそれ以外の影響は明瞭には現れないことがわかった。

本試験は土壌中のリン酸蓄積量が少ないとみられるほ場で行ったが、和歌山県内のウメ園地の定点調査では可給態リン酸は年々増加傾向を示し、直近の調査平均値は147mg/100g土と診断基準値上限の約3倍であった（林ら，2007）ことから、リン酸が過剰である園も多いとみられる。このよ

うな園では適正範囲内（10～50mg/100g 土）であればリン酸の減肥が可能であり、適正範囲を超えていれば、無リン酸栽培も可能であると考えられた。ただし、土壤中可給態リン酸含量を定期的に（年1回以上）確認する必要があると考える。なお、幼木ではリン酸の施用により地上部・地下部とも生育が優れる（和歌山県果樹試験場ほか，2012）ことが報告されており、幼木においてはリン酸肥料の施肥は必要と考える。

## 2. カリの無施肥による土壌およびウメ樹体への影響

カリを無施用にしても1年目は土壌中交換性カリ含量に変化が見られなかったが、3年目以降標準区より明らかに少なくなった。それに伴い葉中カリウム含有率も3年目から低くなり、4年目以降ウメにおける葉中カリウム濃度の適正域である3.0～5.0%（和歌山県農林水産部，2011）を下回っていた。このことから、K0区は標準区に比べて樹体内のカリウムレベルが3年目以降低下しており、軽い欠乏状態であったと考えられた。

核果類は全般にカリウムの含有率は高く、ウメも特に果実によく含まれているが不足すると果実は小さくなり、品質も悪くなる（渡辺，1995）。リンゴにおいてもカリの欠乏がひどいと果実の肥大が止まる（前田，1968）ことが報告されている。本試験においても、収量に差がなかったにも関わらず階級の小さい果実が多くなったことから、カリの不足により果実が小さくなることが確認された。果実中のカリウム濃度はほぼ差が見られなかったことから、カリが不足しても果実中のカリウム濃度は低下せず果実肥大が抑制されると考えられたが、果実の熟期や梅干し品質への影響はないと判断された。また、ウメにおいてカリが欠乏すると葉は濃緑色で光沢を失って小さくなり、枝は節間がつまって、生育全体が不良となる（星川，1984）といわれる。本試験においても葉のSPAD値が大きかったことから、カリが不足すると葉色が濃くなる可能性が示唆された。また、作物一般においてカリウムは作物の生長促進の役割を果たしている（山本，1987）とされる。本試験では樹容積が標準区に比べて小さい傾向が見られたことから、長期にわたりカリが不足すると樹容積の拡大が劣る危険性があることが示唆された。

また、カリウムの吸収は  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^{+}$  の吸収と拮抗する関係にあり、 $K^{+}$  の吸収が多くなると  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^{+}$  の吸収は低下する（山本，1987）ことが知られている。本試験においても葉中  $Ca$  および  $Mg$  濃度が K0 区で高い傾向が確認されており、カリの減肥により葉中  $Ca$  および  $Mg$  濃度が高まると考えられた。

作物一般において、カリウムは他に蒸散の調整、光合成能力の維持、光合成産物の転流などの役割を果たしている（山本，1987）とされるが、本試験においては光合成速度や蒸散速度への影響は見られなかった。また、カリウムは細胞を強硬にし、欠乏すると耐凍性や病害抵抗性が劣る（渡辺，1995）とされているが、これについては確認できなかった。

ウメ樹体のカリ吸収量は窒素より多く（渡辺，1987；岡室ら，2013），そのためカリ施肥量も窒素の9割（和歌山県農林水産部，2011）と重視されている。本試験においても、カリ施肥の必要性が再確認された。しかし一方で、カリを極端に減肥しても目に見える影響は現れにくいこと、カリが過剰であると着果量が少ない年などでは果実の肥大が進みすぎる恐れや  $Mg$  欠乏を引き起こす恐れがあることが読み取れる。また、ミカンにおいて細根の発生量はカリの施用量の最も少ない区が最大で、カリの施用は細根の発生量を抑制している（吉田，1985）という報告もある。したがって、土壌中カリ含量に応じて不足しない量のカリ施用が必要であるが、過剰である場合は減肥する方が好ましいと考えられた。

ウメにおいてカリに関する土壌診断基準は苦土/カリ当量比および塩基飽和度のみであり、交換性カリの適正域は定められていない（和歌山県農林水産部，2011）。したがって土壌中交換性カリの適正域は交換性苦土含量により変化するが，本試験の結果のみで判断するならば，交換性カリが20mg/100g 土を下回るとカリが不足すると考えられた。なお，水稻・野菜・花きの診断基準では交換性カリの診断基準はCECの4～10%であり（和歌山県農林水産部，2011），これを参考にすると本試験で用いた土壌のCECは約12であったことから22～56mg/100g 土と計算され，この値とよく合致していることから適用できると考えられた。また果樹（壤粘質土）の交換性カリの適正域を20～30mg/100g 土とする例もあり（藤原ら，2001），本試験の結果を鑑みてもこの値は適当であると思われたことから，交換性カリが30mg/100g 土以上あるほ場では，交換性苦土とのバランスを考慮する必要はあるが，カリを減肥できると考えられた。

### 摘要

試験開始時に樹齢8年生のウメを用いて6年間リン酸またはカリを無施肥として土壌および樹体への影響を調査した。

1. リン酸を無施用にすると6年目に土壌中可給態リン酸含量が施肥した区より少なくなった。
2. 可給態リン酸が土壌診断基準域以上（10mg/100g 土以上）であるほ場では，成木のウメに対してリン酸の減肥が可能であると考えられた。
3. カリを無施肥にすると3年目以降土壌中交換性カリが減少し，葉中カリウム濃度が低下した。
4. カリが欠乏すると果実肥大が抑制され，樹容積の拡大が劣り，葉色が濃くなることが確認された。
5. CECが約12の土壌においては交換性カリの適正域は20～30mg/100g 程度と推測され，30mg/100g 以上であればカリの減肥が可能であると考えられた。

### 引用文献

- D. J. Reuter and J. B. Robinson (Eds).1986. Plant Analysis: An Interpretation Manual. p.352-353. Inkata Press Pty Ltd. Victoria. Australia.
- 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎. 2001. 土壌診断の方法と活用. P103. 農文協. 東京
- 林 恭弘・森下年起・久田紀夫・藪野佳寿郎・東 卓弥. 2007. 和歌山県農耕地土壌の実態と変化土壌環境基礎調査（定点調査）20年間のまとめと解析. 和農林水技セ研報. 8: 41-52.
- 星川三郎. 1984. 栄養診断. 施肥と土壌管理. 基本技術編. ウメ. p. 53-54. 農業技術大系果樹編 6. 農文協. 東京.
- 前田正男. 1968. 原色作物の要素欠乏・過剰症. P.58-70. 農文協. 東京
- 岡室美絵子・土田靖久・城村徳明・中西 慶. 2013. 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
- 高辻豊二. 2008. 肥料価格の高騰とコスト節減対策(1). 果実日本. 63: 74-78.
- 建石繁明・熊代克巳. 1977. 火山灰土壌に生育するリンゴ，ナシ，モモおよびブドウの生育，収量および果実品質に及ぼすリン酸の肥効. 信州大学農学部紀要. 14(1): 1-11.
- 和歌山県果樹試験場・かき・もも研究所・うめ研究所. 2012. 平成24年度果樹試験研究成績. P243-244.
- 和歌山県農林水産部. 2011. 土壌肥料対策指針（改訂版）. P.63, 76-80, 136.

- 渡辺 毅. 1987. ウメ樹の解体調査による年間養分吸収量の推定. 福井園試報. 6 : 1-13.
- 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.
- 山本友英. 1987. カリウム. 養分吸収と元素の生理作用. 作物栄養Ⅲ. p.85-90. 農業技術大系土壌施肥編 2. 農文協. 東京.
- 吉田賢児. 1985. 果樹園の施肥と肥効の現れ方. 果樹の施肥技術. P526. 農業技術大系土壌施肥編 6-②. 農文協. 東京.