

果樹園の施肥に由来する窒素負荷の現状

梅宮善章

農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所 305-8605 茨城県つくば市藤本

Present State of Fertilizer Nitrogen Load from Orchard

Yoshiaki Umemiya

National Institute of Fruit Tree Science, National Agriculture and Bio-oriented Research Organization, Tsukuba, Ibaraki, 305-8605

はじめに

環境保全型農業への推進が新農業政策(1999)として進められ、この政策では持続的農業生産の確立と、農業や肥料資材に由来する環境負荷の低減が求められている。肥料資材に由来する環境負荷として、土壌下層へ溶脱した窒素成分の硝酸性窒素による地下水水質への影響が大きい。最近では、水質基準法の改正(2001)がなされ、公用水域の硝酸性窒素および亜硝酸性窒素(含量で 10 mg L^{-1} 以下)の環境基準健康項目への移行に伴い、水質汚染を改善する土壌管理指針への対応も求められている。このため、果樹園地においても施肥の見直しがなされており、果実品質と収量を維持しつつ環境負荷低減を図ることが要請されている。ここでは、背景となる全国レベルでの施肥窒素に由来する環境負荷の概要と、果樹園地の現状を述べる。なお、窒素を含む肥料成分と有機物施用量はすべて ha 当たりの値で示した。

窒素による環境負荷の現状

窒素による環境負荷の原因として、農業では家畜ふん尿に由来する窒素が多い。農耕地では施肥とたい肥からの窒素が加わり、土壌微生物による分解と無機化作用を受けて大部分が硝酸性窒素となる。土壌中で作物に吸収されなかった硝酸性窒素は、浸透水とともに土壌下層へ溶脱して地下水を汚染する。

わが国の窒素フロー(Mishimaら, 1999)によると、農耕地に流入する窒素は 266 kg であり、化学肥料(113 kg)、堆きゅう肥(60 kg)、作物残さ(45 kg)、雨・灌漑水(48 kg)由来窒素が含まれる。これに作物収穫物(77 kg)、作物残さ(49 kg)、脱窒(47 kg)による流出する窒素 174 kg を差し引いた窒素収支は 92 kg となった。これが浸透水に全量溶解したと仮定すると、硝酸性窒素濃度は 11.5 mg L^{-1} と計算され、環境基準値を超えてしまう。窒素収支を改善するためには、化学肥料だけでなく、流入窒素が多い有機質資材投入量についても考慮する必要がある。

農林水産省が実施した農業用地下水の水質調査結果(日

本土壌協会, 1991)によると、井戸水の硝酸性窒素濃度が 10 mg L^{-1} を超えている調査地点の割合は 15.4% であり、全国的に地下水汚染の進行が示されている。調査地点で 10 mg L^{-1} を超えた茶やモモなどの樹園地では、硝酸性窒素が $13.0\sim 24.8\text{ mg L}^{-1}$ の範囲であった。農村地域の地下水調査結果(藤井ら, 1997)を土地利用別にみると、畑地の硝酸性窒素は $\text{N.D.}\sim 68\text{ mg L}^{-1}$ の範囲であり、畑地調査地点の 55% が水質基準値以上であった。樹園地の硝酸性窒素濃度は $0.3\sim 35.9\text{ mg L}^{-1}$ で、調査地点の 26% が水質基準値以上となり、畑地に次いで高い割合を示した。基準値を超えた樹園地にはミカン園、ナシ園、茶園が含まれていた。

ブドウ、モモの果樹地帯に位置する扇状地の流域(範囲 $5\text{ km}\times 7\text{ km}$)で、多数の深井戸を水源とした水道水の硝酸性窒素の分布が調査され、水道水の硝酸性窒素濃度は $0.8\sim 11.8\text{ mg L}^{-1}$ の範囲にあり一部の水道で基準値を超えていた。また、水道水の硝酸性窒素濃度と井戸の上流域の果樹園窒素施用量にある程度の相関が示されている(坂本ら, 1993)。

既往の調査結果を総合すると、わが国の地下水の硝酸性窒素汚染状況として、単位面積当たりの施肥量の増大とともに地下水の硝酸性窒素濃度が上昇したり、畜産経営が近傍の地下水の大きな汚染源となることが示され、果樹園、野菜畑地帯では地下水の硝酸性窒素汚染地が広く分布していると考えられている(熊澤, 1999)。

肥料や施用有機物の分解に伴って畑地や樹園地から溶脱した無機態窒素は、一部($5\sim 15\%$ 程度)が脱窒過程で大気中に放出される。残りの大部分は硝酸性窒素として地下浸透し、不透水層直上の地下水帯に到達した後、水平移流を経由して湧水や暗渠から排水されて集水域の小河川に到達し、河川水質にも影響を及ぼす(竹内, 1997)。

窒素負荷が流出率や流出水中の硝酸性窒素濃度に及ぼす影響を解析するため、ライシメーターを用いた浸透水測定の実例が多く報告されている。ライシメーターによる枠試験では、根域や植栽条件が圃場と異なるので施肥効率が変化し窒素溶脱量も影響されること、枠に詰める

際に土壌の物理性や化学性が人為的に攪乱されること、降水の地表流出が圃場とは異なることなどの欠点を有するものの、浸透水の採取が容易であることから、肥料成分の挙動の比較にはよく用いられ、果樹の事例をみると窒素流出率は5~44%の範囲であった。

これに対し、圃場や集水域における流出水中の硝酸性窒素を直接測定することにより、肥料成分による環境負荷が推定可能となる。調査区域の選定には、対象となる作目の面積割合が高く、施肥来歴が明確であり、農地以外の肥料成分負荷源がないこと、対象区域の地下構造が比較的単純で水移動の実態を定量的に解析できること、施肥成分の流出域まで到達する年限が短いことなどが必要である。窒素負荷量の計算には、集水域から流出する水量と肥料成分濃度を経時的に測定し、その積から負荷量を計算する。また、流出水量の代わりに地下水流動量を測定して負荷量を推定する手法も知られている。なお、自然地形での流出水量を正確に測定することは困難とされており、これが不十分であると負荷量の推定誤差も大きくなると考えられている。

果樹園地を主とした集水域における窒素投入量と窒素流出量の関係を第1表に示した。施肥量の少ない傾斜地モモ園の事例(田辺, 1994)をみると、対象とした面積13.2 haのうちモモ園が9.7 haを占め、残り3.5 haが山林と道路であり、集水域では造成時に暗渠が設置されている。モモ樹の施肥窒素は70~120 kg、たい肥由来窒素は100 kg、集水域全体の窒素投入量は平均で143 kgであった。年間の水収支は、流入量が雨水と用水の合量、流出量は地表面と浸透排水の合量であり、両者による流出率は44.3%であった。年間窒素負荷量は、排水の窒素流出量が37.4 kgであり、雨水(12.7 kg)と用水(0.2 kg)からの流入量を差し引いた差引排出量が24.5 kgとなった。施肥窒素(143 kg)に対する流出率は26.2%、差引流出率で17.1%となった。また、月別排水中の硝酸性窒素濃度の平均値は6.4 mg L⁻¹、濃度範囲は4.0~8.3 mg L⁻¹と環境基準値以下であった。硝酸性窒素濃度の時期的変動は少

なく、窒素の差引排出量は排水量の多い4~6月と10月で多くなった。

施肥量の多いイヨカン6.33 haと温州ミカン0.67 haを主とした樹園地7.42 haの事例(福島・河村, 1989)では、稜線に囲まれた傾斜地の中央に農業用排水路が設置されており、水収支の流出率は26%であった。肥料に由来する窒素流入量は309 kg、排水からの窒素流出量は145 kgで、窒素流出率は46.9%と高い。また、月別排水中の硝酸性窒素濃度範囲は16.1~57.1 mg L⁻¹と年間を通じて水質基準値を超過し、窒素流出量は春から夏にかけて降水量の多い時期で多くなった。

第1表から施肥窒素量と窒素流出率の関係を要約すると、窒素施肥量が120~210 kgの範囲(平均150 kg)では窒素流出率は4~41%(平均18%)であった。窒素施肥量が260~546 kg(平均408 kg)の範囲で多肥になると、窒素流出率も26~55%(平均39%)と高くなり、流出水中の硝酸性窒素濃度の多くが環境基準値を超え、窒素負荷が増加する傾向を示している。なお、畑地の窒素流出率(田淵・高村, 1985)も変動幅は大きい、4~52%の範囲(平均22%)で果樹園と同程度の値が得られている。

施肥・有機物による果樹園の養分投入量

果樹園の養分負荷量を推定するには、樹種ごとに化学肥料や有機質肥料の施肥量、有機物施用量、養分吸収量を求める必要がある。養分投入量の計算(Hiraoka and Umemiya, 2000; 梅宮, 2001)には、統計データとして1998年の農業生産環境調査(農林水産省統計情報部, 2000)から、化学肥料と有機質肥料の施肥実態値を使用し、有機物施用量は、土壌環境基礎調査のたい肥の施用量などに関するアンケート調査(1989~1993年)によった。また施肥基準による施用量は、主要37県の施肥基準平均値と栽培面積から計算された値を用いた。

果樹園全体の施肥量の推移をみると、果実収量を重視した1955年頃は多肥栽培であったが、果実品質が重視されるようになると1965年頃を境に減少傾向となってい

第1表 果樹園の窒素投入量と窒素流出量の関係

文献	調査圃場 (ha)	水流出率 %	窒素投入量 kg ha ⁻¹ y ⁻¹	窒素流出量 kg ha ⁻¹ y ⁻¹	窒素流出率 %	流出水 ^a のNO ³ -N mg L ⁻¹	備考
加藤ら(2002)	平坦地モモ園(0.036)	動水勾配法と水収支法	120, 120, 210	36, 5, 86	30, 4, 41		清耕, 草生, マルチ栽培比較; 褐色森林土
田辺(1994)	傾斜地モモ園(13.2)		143	37.4(24.5 ^b)	26.2(17.1 ^b)	6.39 (4.04 - 8.29)	樹園地率73%; 花崗岩母材
長谷(1986)	傾斜地果樹園(2.4)		150	6.4	4.2	0.9 - 2.1 (0 - 19.6)	カキ、ブドウ園; 流紋岩母材; 深層暗渠-浅層暗渠
野地・高田(1984)	傾斜地ミカン園(65)		155 ^c	6.2 ^c	4		温州ミカン樹園地率65%; 安山岩母材
金子(1998)	水田転換ナシ園(0.089)	地下水流動量測定	260	144	55	(tr. - 80)	海成砂質沖積地; 窒素流出量測定期間は5-10月
福島・川村(1989)	傾斜地果樹園(7.4)		309	145	46.9	(16.1 - 57.1)	イヨカン、温州ミカン、キウイフルーツ; 花崗岩母材
井戸ら(1985)	丘陵樹園地(5 - 10)		408, 517 ^c , 546	163, 144, 142	39.8, 27.9, 26.0	10.2 - 21.7	ナシ、ブドウ、カキ、茶園を含む3か所; 黄色土

^c筆者の計算値

^b()内は流入量を差し引いた値

^a平均値(最小値-最大値)

る。最近の施肥実態(1998)をみると露地果樹では、化学肥料投入量は窒素 147 kg, リン酸 138 kg, カリ 114 kg, 有機質肥料投入量は窒素 22 kg, リン酸 26 kg, カリ 8 kg であり、肥料投入量合計では、窒素 169 kg, リン酸 164 kg, カリ 122 kg となった。

施肥基準による施肥量は果樹園全体で窒素 161 kg, リン酸 116 kg, カリ 126 kg であり、施肥基準に対する施肥実態の割合をみると、窒素 105%, リン酸 141%, カリ 95% となり、窒素とカリの施肥実態は施肥基準値に相当する量が施用され、リン酸の施肥実態は施肥基準値より多肥であることが示される。

主要作目について施肥窒素基準値の範囲をみると、果樹は、110~350 kg であり、茶などの工芸作物(170~490 kg)や野菜(130~490 kg)より少な目であるが、普通作物(30~130 kg)や水稻(50~70 kg)より高い値となっている。施肥実態による化学肥料投入量と栽培面積から求めた果樹園の化学肥料の窒素消費量は 46.3 千トンと計算され、この量は日本全体の化学肥料消費量(1995)の 8.8% にとどまった(梅宮, 2001)。このことから、化学肥料に関しては、窒素消費量の多い野菜(25%)や工芸作物(15%)などの施肥の適正化が、環境負荷軽減のためにはより重要になると考えられている(西尾, 2002)。

果樹園に対する有機物の施用基準は、おおよそ牛ふん堆肥で 20 t, 豚ふん堆肥で 15 t, 乾燥鶏ふんで 3 t の範囲内とされる。土壤環境基礎調査(1989~1993)によると、何らかの有機物を施用している園地の割合は過半数の 56% となり、たいきゅう肥施用園地割合の合計は 34% であり、資材別では牛ふん尿きゅう肥の利用がもっとも多かった。たいきゅう肥施用農家の施用量は大部分が 20 t 以下で、平均施用量は 14 t となり施用基準に近い量が施用されていた。有機物の肥料成分の平均値を用い、果樹園全体で単位面積(ha)当たりの肥料成分量に換算すると、窒素 38 kg, リン酸 50 kg, カリ 39 kg と推定され、施用有機物からも化学肥料の 1/3~1/4 に相当する肥料成分が果樹園に投入されている。なお、有機物施用園地割合を考慮すると、たいきゅう肥施用園では、窒素が 112 kg 程度多く施用されていることになり、有機物施用の有無による窒素投入量の相違が大きい(梅宮, 2001)。

農業生産環境調査速報(1999)を用いた肥料成分の利用率計算(梅宮, 2001)には、有機質肥料成分が含まれていないことから、化学肥料と有機質肥料を合計した施肥実態量を用いて肥料成分の利用率を再計算したところ、窒素 74.6%, リン酸 17.7%, カリ 91.8% となった。これに有機物由来の肥料成分を加えた投入量に対する利用率は、窒素 60.9%, リン酸 13.6%, カリ 69.6% と低下した。果樹園ではたい肥中の肥料成分を評価して化学肥料を削減することは一般的に行われていないが、今後は、肥料成分の利用率向上と環境負荷低減のためにも、有機物中の肥料成分を考慮した化学肥料の減肥が必要である。

果樹園で施肥の目安となる施肥基準は同じ樹種でも地域によって異なるので、全国の現行施肥基準から、主要樹種別に結果樹と未結果樹の施肥基準平均値が計算されている(Hiraoka and Umemiya, 2000)。それによると、養分吸収量が多い常緑果樹の窒素施肥量は 204~350 kg で、落葉果樹の 111~204 kg より多肥であることが示される。落葉果樹ではニホンナシ(204 kg)の窒素施肥量が最も多く、吸収量の多い樹種では施肥量も高めで、キウイフルーツ、カキ、ウメ、クリ、モモの順に施肥量が減少した。リンゴとブドウは、吸収量が少なく、施肥量も低かった。

施肥実態調査(農林水産省統計情報部, 2000)による樹種別の窒素施肥量は、ナツミカン(278 kg), イヨカン(272 kg)などの中晩柑類や、ニホンナシ(246 kg)で 200 kg 以上と多く、温州ミカン(191 kg)が続いている。ついでスモモ(158 kg), ウメ(137 kg), ビワ(131 kg), モモ(121 kg), キウイフルーツ(121 kg)が 120~160 kg の範囲にあり、リンゴ(104 kg), カキ(99 kg)は 100 kg 前後であり、クリ(79 kg), オウトウ(77 kg), ブドウ(72 kg)は、80 kg 未満と少なくなっている。

施肥実態と施肥基準を比較すると樹種により特徴がみられ、ニホンナシの施肥実態は施肥基準より多く、イヨカンなどの中晩柑類は施肥実態と施肥基準のいずれも多い。また、他の樹種では施肥実態が施肥基準より少なかった。なお、ニホンナシの施肥実態施肥基準より際だつて多いのは、高樹齢による生産量低下を補ったり大玉生産と多収を期待してのこととされている。

養分収支からみた施肥による環境負荷

養分収支とは、農業が環境に及ぼす影響を示す指標の一つであり、年間の「投入養分量(インプット)-搬出養分量(アウトプット)」で算出され、土壤面での養分使用の指標として用いられている。窒素については投入養分として、化学肥料、家畜ふん尿、大気降下物、生物的窒素固定、種苗、灌漑水があり、搬出養分は、土壤から収穫物として持ち出される窒素総量となる。

土壤面の養分収支指標は、土壤、大気、水への養分過剰や不足について情報を提供するとともに、農業政策が環境に及ぼす影響の比較にも使用されている。OECD などで検討された窒素の養分収支を国別に比較すると、OECD 全体の平均では 17 kg であるが、オランダは 271 kg でもっとも高く、日本も 122 kg と極めて高い値となっている(西尾, 1999)。なお、地下水汚染の評価については、さらに脱窒や窒素酸化物などの大気中への揮散量を差し引くことにより計算できる。

養分収支は、国レベルの比較から、県や市町村の行政区分、流域などの水系単位の負荷、農家圃場の規模にまで適用されるが、負荷量の計算に用いられる施肥量、施用有機物の肥料成分量、養分吸収量などの原単位データ

および栽培面積や調査項目など利用可能な統計データの精度で、窒素負荷の影響が過大・過小評価されやすい。

原単位の評価法では、窒素負荷割合の高い家畜ふん尿について精度を高めた解析がなされ、全国の家畜ふん尿由来窒素 743 千トン (1998) のうち作物生産に利用される堆肥窒素は 145 千トンと推定され、残りの大部分は家畜経営主体の土壤に投入されたり、大気中にアンモニアとして揮散すると推定された (西尾, 2003)。

また、養分収支と同様な手法で無機態窒素の収支が計算されている (西尾, 2001a)。農業生産環境調査 (1998) から作目ごとに窒素施肥の実態を解析し、無機態窒素供給量 (生育期間中に有機質肥料および堆肥から無機化する窒素に化学肥料窒素を加えた値) から吸収窒素量 (作物体地上部に吸収された窒素量) の差である非吸収窒素量の全国平均値が求められた。作目別では、多くの野菜で窒素過剰施肥が認められ、とくにセロリー (732 kg)、ナス (483 kg)、キュウリ (482 kg)、工芸作物のチャ (350 kg) と果樹のニホンナシ (317 kg) で突出していた。ニホンナシの無機態窒素供給源として、化学肥料窒素 (246 kg) 以外に、その 72% に相当する窒素 (178 kg) が堆肥と有機質肥料から加わっていた。

果樹に吸収された窒素成分は、収穫果実やせん定枝として園外に搬出されたり、貯蔵養分として樹体に保持、あるいは落葉として土壤に還元される。吸収されなかった投入窒素はすべて溶脱するわけではなく、一部は土壤に有機化されたり、脱窒や窒素酸化物として大気中に放出される。また、養分収支には含まれていないが、地下水水質には、土壤窒素の無機化により生じた硝酸態窒素がバックグラウンドとして加わる。

果樹園では養分吸収量などの原単位データが詳細に検討され (Hiraoka and Umemiya, 2000)、化学肥料と有機物投入による全国レベルでの養分収支が求められた (梅宮, 2001)。養分のアウトプットについては、土壤から収穫物などで持ち出される養分総量の値が必要であるが、せん定で園外に搬出される樹種ごとの養分総量データが不明であり、成木園では吸収量に占める果実成分の割合が高いことから、樹体の養分吸収量を用いて計算されている。この養分収支をもとに、養分インプットとして有機質肥料成分 (農林水産省統計情報部, 2000) を加えて再計算を行うと、果樹園の養分インプットは、窒素 169 kg、リン酸 164 kg、カリ 122 kg となった。養分アウトプットは脱窒の 14 kg を加えると、窒素 140 kg、リン酸 29 kg、カリ 112 kg となり、養分収支による養分負荷は、窒素 67 kg、リン酸 185 kg、カリ 49 kg と計算される。

硝酸態窒素の環境基準値を満たす農耕地からの窒素溶脱許容量は、平水年の水資源賦存量を 1,191 mm とすると年間 119 kg と試算され、地域毎の気候特性、施肥時期、土壤透水性の差異を考慮すると、年間窒素溶脱量として 50~70 kg 以下が必要とされており (尾崎, 1994)、浸透水

量による推定法でも同程度の数値があげられている。これによると、果樹園全体の窒素収支 (67 kg) は、おおむね窒素溶脱許容量の範囲内といえる。

果樹では樹種により施肥量や養分吸収量が違い、養分収支が異なるので、主要樹種についても養分収支が求められた (梅宮, 2001)。樹種別の養分収支は、樹種ごとの有機質肥料と有機物の投入量が農業生産環境調査 (農林水産省統計情報部, 2000) に公表されていないことから、窒素インプットとして化学肥料投入量の数値を用い、窒素アウトプットを搬出養分量の代わりに養分吸収量を用いて計算された。このため、養分収支から推定される樹種ごとの窒素負荷量は少なめの値になるものの、樹種による窒素負荷の相違が示されている。

窒素負荷量が 50 kg より高い樹種は、ニホンナシ (94 kg)、ナツミカン (76 kg)、イヨカン (70 kg) であり、6~25 kg の範囲に、ハッサク (25 kg)、リンゴ、ブドウ、モモ (6 kg) となり、温州ミカン、クリ (-44 kg)、ビワ (-33 kg)、カキ、キウイフルーツ (-16 kg)、ウメ (-5 kg) は負の値であった。果樹園の平均値では有機質肥料と有機物から窒素が 60 kg 負荷されていることから、これらを加えることにより各樹種の窒素収支はさらに高くなると予想される。ニホンナシ、イヨカンなどの中晩柑類は、地下水汚染実態調査や流出水の硝酸態窒素濃度の高い樹種と一致するので、投入窒素による環境負荷の高い果樹とみなされる。

ニホンナシと中晩柑類の合計栽培面積は果樹園全面積の 18% (2003) を占めているが、これらの樹種はまとまった産地を形成していることが多く、農耕地面積当たりの施肥量を増加させる。また、他の樹種でも、たい肥を余分に施用したり施肥基準より多肥になると養分収支は高くなり、地下水の環境基準値を超える場合がある。このため、果樹栽培では、投入される有機物を含め施肥量の削減や施肥効率向上を図り、環境負荷低減を図ることが必要である。

地下水に溶脱する窒素負荷量の実用的な推定は、地域ごとの降水量や養分投入量などの相違を考慮して、市町村や流域レベルで行うと精度が高くなる。単位面積当たりの負荷量を計算する場合、農耕地から発生する窒素負荷量の推定には農耕地面積データが必要であり、地下水への影響を推定するには非農耕地面積も含めた地域の面積データが用いられる。ここで計算される溶脱水の窒素濃度は年間平均値となるため、個々の降雨ごとの溶脱水濃度とは異なり、施肥時期や作物栽培による季節変動も考慮していない。なお、溶脱水量の窒素濃度計算には、降水量から蒸発散量の差である余剰降水量が溶脱水として地下水にすべて移行し、負荷窒素の全量が溶脱水に溶解すると仮定しており、地下水汚染の危険評価法の一つといえる。

行政区分単位の調査事例では、窒素固定や脱窒など施肥以外の要因を加えて、都道府県別に精度を高めた窒素

収支も計算された。溶脱水の窒素濃度推定値が高い府県では家畜ふん尿窒素負荷が高い場合が多く、窒素濃度推定値の全国平均は 7.8 mg L^{-1} であり、多くの府県で 10 mg L^{-1} を超えていた (寶示戸ら, 2003)。市町村における地下水中の硝酸性窒素の汚染程度と、行政面積当たりの施肥窒素負荷量 (非吸収窒素) に有意な相関が得られ、茨城県の調査事例をみると、施肥窒素による負荷の増大した市町村では、ハクサイとナシの栽培面積が大きいことが示されている (西尾, 2001b)。

果樹園が含まれる流域単位の調査事例として、茨城県八郷町小幡地区について環境モデリングの詳細な調査が行われている (農業環境技術研究所編, 1999)。調査地区は筑波山麓の山間扇状農耕地に位置し、集水域農用地 (108 ha) に牛、豚の畜産が営まれ、主要作物として水稻 (56.5 ha)、果樹 (16.7 ha)、畑作物 (25.1 ha) が栽培されている。調査地区の果樹栽培面積は、施肥量の多いナシ (55.0%) と施肥量の少ないクリ (30.7%) で大部分を占め、残りはウメ (5.2%)、カキ (4.3%)、ブドウ (3.2%) であった。集水域全体の養分収支 (投入量-収奪量) を求めたところ、果樹園の栽培面積は作付地の 17% にすぎないが、窒素収支による負荷は作付地全体の 49.6% と高く、多肥栽培されるナシが窒素負荷を増大させた要因と思われる。水稻は栽培面積が 57.5% ともっとも多いが、窒素収支は投入量と収奪量がほぼ均衡していた。なお、家畜ふん尿は作付地にほとんど還元されておらず、非作付地 (作付地面積の 22.8%) で処分されており、集水域の窒素収支をみると作付地合計の 3 倍にも達していた。

このように、果樹産地が含まれる市町村単位の地域や河川の流域で環境負荷を推定する場合、ナシなど非吸収窒素が多い樹種の栽培面積割合が高くなると、地下水の硝酸性窒素濃度が上昇したり、集水域の窒素負荷も増大することが示された。

環境負荷の低減に向けて

持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律が 1999 年に施行され、これには都道府県が持続性の高い農業生産方式の導入指針を策定することが求められている。持続性の高い農業生産方式を構成する技術のうち窒素負荷低減に関連するものとして、土づくりに関する技術では、たい肥などの有機質資材施用技術、緑肥作物が指定され、化学肥料低減技術には、局所施肥技術、肥効調節型肥料施用技術、有機質肥料施用技術が指定されている。

持続的生産環境に関する実態調査 (農林水産省統計情報部, 2002) によると、環境保全型農業に取り組んだ面積の作付延べ面積に対する割合は、主要作物の合計で 16.1% であり、そのうち果樹園 (露地) では 17.7% と推定されている。果樹園で化学肥料の窒素成分削減に取り組んだ面積のうち、窒素成分を地域慣行の半分未満削減した面積

が 45.4% ともっとも多く、ついで半分以上削減した面積が 37.4%、無使用面積が 17.2% をしめており、化学肥料削減とたい肥による土づくりを併用した面積は 70.7% であった。化学肥料削減の方法として、有機質肥料 (65.0%) や肥効調節型肥料 (19.3%) など、他の肥料へ転換したり、局所施肥 (2.4%) といった施肥法の改良があげられる。また土づくりの方法として、たい肥施用が 70.6% と最も多く、緑肥作物の導入は 7.7% と少ない。このことから、果樹園では化学肥料による窒素施肥量削減を、たい肥などの窒素源で補完している園地割合が 2/3 以上あることが示される。

果樹園では、有機物に含まれる窒素成分を含めた施肥窒素の溶脱抑制のため、施用量の削減による効果は大きい。これには、施肥法を改良し、施肥体系の見直しや、被覆肥料利用による減肥 (土田ら, 2003)、土壌診断や栄養診断を活用した施肥の適正化などが必要とされ、その一部は既に試験が実施されている。

引用文献

- 藤井国博・岡本玲子・山口武則・大嶋秀雄・大政建次・芝野昭夫. 1997. 農村地域における地下水の水質に関する調査データ. 農技研資料. 20: 1-329.
- 福島忠雄・河村宣親. 1989. 急傾斜樹園地における栄養塩類の流出特性に関する調査研究. 農土論集. 142: 75-83.
- 長谷嘉臣. 1986. 傾斜地果樹園からの肥料成分流出量. 果樹試報 E. 6: 53-64.
- Hiraoka, K. and Y. Umemiya. 2000. Estimation of balance of nitrogen, phosphorus and potassium in relation to chemical fertilizer application in Japanese orchard fields. JARQ. 34: 87-92.
- 寶示戸雅之・池口厚男・神山和則・島田和宏・荻野暁史・三島慎一郎・賀来康一. 2003. わが国農耕地における窒素負荷の都道府県別評価と改善シナリオ. 土肥誌. 74: 467-474.
- 井戸 豊・伊藤敏彦・豊田一郎・加藤博美・早川岩夫・澤田守男・森 健治郎. 1985. 丘陵樹園地における栄養塩類の流出. 愛知農総試研報. 17: 312-319.
- 金子文宣. 1998. 畑・樹園地・草地における水質浄化機能の評価. 農林水産技術会議事務局編. 研究成果. 328: 65-77.
- 加藤公道・星 保宜・安部 充・齋藤広子. 2002. モモ園における地表面管理が土壌水分の動態並びに樹体の生育、収量及び果実品質に及ぼす影響. 福島果樹試研報. 19: 55-104.
- 熊澤喜久雄. 1999. 地下水の硝酸態窒素汚染の現況. 土肥誌. 70: 207-213.
- Mishima, S., N. Matsumoto and K. Oda. 1999. Nitrogen flow associated with agricultural practices and environmental risk in Japan. Soil Sci. Plant Nutr. 45: 881-889.

- 日本土壌協会. 1991. 農業用水質調査結果のとりまとめ報告書, 平成元, 2年度.
- 西尾道徳. 1999. 世界の農業・環境政策の展開とその背景. 土肥誌. 70: 341-346.
- 西尾道徳. 2001a. 農業生産環境調査にみる我が国の窒素施用実態の解析. 土肥誌. 72: 513-521.
- 西尾道徳. 2001b. 作物種類別の施肥窒素負荷量に基づく地下水の硝酸性窒素汚染リスクの評価手法. 土肥誌. 72: 522-528.
- 西尾道徳. 2002. 日本における化学肥料消費の動向と問題点. 土肥誌. 73: 219-225.
- 西尾道徳. 2003. 統計データに基づく家畜ふん尿窒素のフローシートと土壌負荷原単位の推定. 土肥誌. 74: 721-730.
- 野地良久・高田勝重. 1984. 農用地が河川, ため池の水質に及ぼす影響. 大分農技セ研報. 14: 87-94.
- 農業環境技術研究所編. 1999. 水質環境保全のための環境モニタリングマニュアル.
- 農林水産省統計情報部. 2000. 農業生産環境調査報告書. 農林水産統計報告 12-15(地域-1). 205pp.
- 農林水産省統計情報部. 2002. 平成13年度持続的生産環境に関する実態調査 環境保全型農業による農産物の生産・出荷状況調査結果の概要.
- 尾崎保夫. 1994. 農林水産試験研究における環境研究手法. 農林水産技術会議事務局. p. 125-134.
- 坂本 康・中村文雄・風間ふたば. 1993. 地下水を水源とする水道水の硝酸性窒素濃度の地理的分布と時間的変動. 水道協会雑誌. 62: 17-28.
- 田淵俊雄・高村義親. 1985. 集水域からの窒素・リンの流出. 226pp. 東京大学出版会. 東京.
- 竹内 誠. 1997. 農耕地からの窒素・リンの流出. 土肥誌. 68: 708-715.
- 田辺和司. 1994. 樹園地の用排水に伴う全窒素及び全りん動態. 香川農試研報. 45: 85-90.
- 土田通彦・相川博志・岡島量男. 2003. 肥効調節型肥料による露地ウンシュウミカンの年1回施肥法. 土肥誌. 74: 519-524.
- 梅宮善章. 2001. 果樹類の省力・環境保全的施肥管理. p. 238-274. 安田環編著. 環境保全と新しい施肥技術. 養賢堂. 東京.