

第6章 土壌・肥料に関する研究

第1節 研究の変遷

1 創設から80周年まで

1) 明治時代

本県における土壌・肥料の研究は藍作から始まったといつてよい。それまでは長年の経験から吉野川兩岸の砂土～砂壤土を適地とし、鯨粕（にしんかす）、千鰯（ほしいわし）等の魚粕肥料を使用することが秀品の精葉や菜をつくると確信されてきた。明治18年（1885）高峰議吉氏らにより試作された過リン酸石灰が本県でも数か村の藍の畑に試用され、肥効のあることが認められた。明治26年農商務省農事試験場四国支場が開設され田には稲の、畑には大豆の無肥料栽培で試験のスタートを切った。当初は応用試験と模範的試験に重点がおかれていたが、研究的試験についても管内土壌三要素試験、三要素天然供給量査定試験の2項目が明治28年から5か年にわたって本支場の連絡試験として実施されている。明治29年に硫酸アンモニウム、明治34年にチリ硝石が初めて輸入され、また明治21年にはリン鉱石から過リン酸石灰が、明治42年には石灰窒素が製造されるなど、中国からの大豆粕に次いで化学肥料が姿を現わし始めたものの、当時はまだ自給肥料中心の農業であった。明治36年四国支場の廃止によりその建物施設等の払下げを受けて徳島県農事試験場が創立され四国支場が施行していた試験を継続した。試験部分析係の土壌・肥料試験事項は表2-6-1のとおりである。

2) 大正時代

明治末から第1次大戦にかけては農村も不況であったが、大正6年（1917）に入って戦争の影響がわが国の経済に未曾有の好況をもたらした、農産物需要の増大と農産物価格の上昇を招いた。しかし大正6～7年頃にかけて輸入食糧の途絶から食糧不足になり米騒動なども起こってなお一層食糧増産の必要に迫られた。大正7年の全国農事試験場長等による主要食糧農作物増殖協議会で耕地の拡張および改良を図ること、二毛作その他耕地の経済的な利用の普及を図ること、肥料供給の増加および改良を図ること等が決議された。本県農試ではこれらを受けて水稲-麦作で深耕と施肥量の関係試験挿秧法と肥料用

表2-6-1 明治時代の土壌・肥料試験事項

作物	試験事項	試験年次	摘要
水 稲	肥料配合試験	明治37年～41年	ゲンゲ、過リン酸石灰、石灰、堆肥、人糞尿、硫酸アンモニウム、青刈大豆、焼土灰、大豆粕、ウマゴヤシ、糞灰の配合方法
水 稲	人糞尿施用期試験	39～41	挿秧期、三番除草期、穂孕期
水 稲	窒素質肥料試験	31～36	鯨粕、大豆粕、ナタネ油粕、人糞尿、硫酸アンモニウムの比較
水稲・麦	リン酸質肥料試験	43～45	大豆粕、過リン酸石灰、トーマスリン肥、蒸製骨粉の比較
水 稲	石灰窒素肥効試験	44～45	無肥料、大豆粕、人糞尿、チリ硝石、硫酸アンモニウム、石灰窒素の比較
水稲・麦	塩化マンガン効力試験	41～45	補助肥料の効力、少量を与えて作物を刺激する
水稲・麦	窒素質肥料同価試験	33～41	肥料の価格を同一にした場合の大豆粕、魚粕、硫酸アンモニウム、ナタネ油粕、チリ硝石、堆肥の比較
ゲンゲ ウマゴヤシ	緑肥栽培の田作経済試験	39～43	裸麦、裸麦+ゲンゲ、裸麦+麦間大豆区の水稲への効果
ゲンゲ	石灰加用試験	44～ 大正元年	石灰10、20、30、40、50、60貫施用
ゲンゲ	病害防除試験	43～ 大正元年	イモチ、葉枯病と肥料の配合及び耕土の深淺との関係
麦間大豆	緑肥比較試験	38～40	ゲンゲとウマゴヤシの収量と損益
麦間大豆	播種期試験	34～37	
麦	取扱試験	33～36	刈取後の処理方法と肥効
麦間大豆	播種量	37～40	
麦間大豆	播種期・刈取期	38～40	
麦	窒素質肥料試験	34～37	鯨粕、大豆粕、ナタネ油粕、人糞尿、硫酸アンモニウム、チリ硝石、大豆、堆肥
麦	大豆粕施用試験	34～36	生大豆粕、半熟大豆粕、腐熟大豆粕
麦	硫酸アンモニウム施用回数試験	36～38	1、2、3回
麦	チリ硝石用量試験	36～37	3、6、9、12、15貫施用
麦	チリ硝石施用回数試験	37～40	1、2、3回
麦	リン肥加用試験	29～36	人糞尿単用、人糞+過リン酸石灰
麦	過リン酸石灰分法試験	35～37	1、2、3回
麦	肌肥対発芽試験	34～36	無肥料、過リン酸石灰+木灰、チリ硝石
藍・麦	藍作残肥と跡作裸麦の関係試験	34～37	大豆粕、チリ硝石、鯨粕、硫酸アンモニウム跡
藍・麦	藍作残肥と跡作裸麦の関係試験	38～40	堆肥チリ硝石、硫酸アンモニウム、石灰、チリ硝石、大豆粕、推肥鯨粕跡
藍・麦	藍作後地力試験	34～36	藍品種の違いと跡地地力の関係

量試験模範的多収のための施肥量試験等が行われた。この間スイカ、ハクサイに対する石灰窒素の施用法試験、ダイコンに対する肥料の種類試験、ナスに対する塩化マンガン、キャベツに対する石灰加用試験など野菜に対する肥料試験が盛んに行われた。化学部では大正7年から堆肥施用法試験、緑肥対石灰加用試験、塩化マンガン効力試験、石灰連用試験が水稲-麦について行われ、従来から実施されていた有機肥料配合試験、石灰窒素施用法試験、肥料経済試験、窒素質肥料・リン酸質肥料肥効率検定試験、ラジウム肥効試験等の上に新しく加わった。また生産力の低い特殊土壌の試験として酸性土壌矯正試験、塩害濃度試験、塩分被害時季試験、銅・亜鉛・鉛・砒素の有害量検定試験が、緑肥植物ではコモンベッチ

(ザートウィッケン)、クロタリヤ、ゲンゲの比較試験が、一時的に復活した藍作は数種の販売肥料の肥効試験が鉢試験で行われた。大正13年からは土壌中の腐植消耗量査定試験により腐植含量の消長を追跡し、麦の不整地播における畦巾対肥料用量試験にも大正14年から取組んだ。

3) 昭和時代（戦前）

農産物の商品化が進むにつれて農家の支出する肥料費も増加し、昭和3年（1928）には農業経費の現金支出中約39%を占め深刻な負担として「肥料問題」を生じることとなった。肥料供給の確保、価格の低下、配給の円滑化、品質の保全ならびに施用方法改善のための国の施策の確立が強く望まれた。このため国は堆肥きゅう肥の生産を奨励し、共進会、品評会、試作地等を設けて大いに増産を図る一方、化学肥料の価格安定施策を推進した。昭和5年からは石灰加用によるカリ質肥料肥効試験およびリン酸適量試験が新しく加わり木柞試験では酸性・塩基性肥料の水稲に対する影響試験が、昭和6年にはリン酸カリウム成分利用割合試験も始まった。昭和12年に至って本県でも施肥標準調査事業が始まり最重点事業として実施された。この間昭和6年の満州事変を契機として次第に戦時体制に入り、昭和11年に重要肥料業統制法が、翌昭和12年に臨時肥料配給統制法が施行され強力な肥料の統制が敷かれる一方、戦争の長期化と共に配給量も徐々に減少していった。硫酸アンモニウム等の窒素肥料はまだしも、殆んど輸入に頼らざるを得ないリン酸、カリ肥料については合理的施肥法の確立と共に新しい資源の調査、節約的施肥法等の試験が行われた。

4) 昭和時代（戦後）Ⅰ期（昭和20～35年）

昭和20年（1945）、国は敗戦後の極度の食糧不足等に対応して緊急開拓事業計画を樹立した。昭和21年には県内29か所で開拓適地調査を実施し、昭和22～33年に既墾地土壌調査肥料試験等を実施して土壌改良と早期熟畑化を図った。米麦の増産は国の最重点施策であり、このため県も総力を挙げてこれに取組んだ。昭和22年からは低位生産地調査事業を実施してその原因、不良の程度、分布状況等を明らかにした。昭和27年には低位生産地調査事業の成績をうけて「耕土培養法」が制定され秋落水田と酸性土壌の改良事業を実施して生産力の増強を図った。昭和28年から水田を対象とした施肥改善事業により県内24、747町歩の調査・分類と現地肥料試験を実施して、合理的な施肥の指導に当たった。この事業は昭和37年まで実施され未調査の所は昭和40年から地力

保全調査事業に組み入れられた。このように戦後の土壌調査事業は低位生産地調査、開拓地土壌調査、施肥改善調査、地力保全調査のほかに牧野調査、土地改良事業計画地区土壌調査、国土調査等各種のものが実施され、それぞれに大きな成果をあげた。一方戦災等により壊滅状態にあった肥料の生産も国の強力な増産施策によって急速に回復し、昭和25年には戦前を上回るまでになった。

尿素、塩化アンモニウム、熔成リン肥等の新しい肥料も登場し、秋落水田に対する無硫酸根肥料として施肥法に関する試験が盛んに行われた。苦土欠乏土壌に対する熔成リン肥の効果試験、ケイ酸カルシウムの肥効試験等土壌改良資材の効果、穂肥の普及など肥料、農薬、品種の改良を含めた技術の進歩により、昭和30年（1955）には食糧の増産に対する任務は一応果されるまでになった。この時期を境にしてわが国経済は高度成長に入ったものの農産物価格水準は低迷し、また輸入農産物価格に対しては割高になっていった。そして他産業との生産性格差や所得格差が拡大する中で昭和36年の農業基本法制定へと進んだ。

5) 昭和時代（戦後）Ⅱ期（昭和36～58年）

農業基本法の一つの柱である生産政策は需要の増加する農産物の増進、需要が減少する農産物の転換、外国農産物と競合関係にある農産物の合理化等、農業生産の選択的拡大を図ることであった。

選択的拡大における重点農産物である牛乳、肉類、鶏卵等の畜産物、柑橘を始めとする果実、高級野菜等は順調に成長を続けた。本県においても主要野菜であるキュウリ、ナス、トマト、ホウレンソウ、キャベツ、タマネギ等に対する施肥試験、砂地畑で栽培されるサツマイモ、ダイコンの土壌改良試験、レンコン、タケノコに対する土壌調査とその対策試験等が実施された。しかし連作に伴う生理障害、塩類集積、土壌の悪化等は露地、施設栽培のいずれにも発現しており、改良資材、有機物の施用、深耕、排水などによる土づくりの重要性が浮かび上がってきた。また、このころから土壌の化学性、物理性に加えて生物性の研究も始まっている。

果樹等については、温州ミカン、ハッサク、クリ、ウメ、ユズ、ナシ、ブドウ、茶等の樹園地土壌の調査を通じて施肥法、下層土の物理性の改良等の対策試験を実施した。選択的拡大で最も大きな成長を遂げたのは畜産部門であるが、経営の合理化が大型化、多頭羽飼育の方向に進んだため耕種や地域とのバランスを失い、排泄物であるふん尿処理が大きな社会問題として登場し、その処

理に関する試験、有効利用の試験等が実施され種々検討されてきた。本県においては木工が盛んであるという特色を生かしていち早くおがくずを利用した堆肥化の方向を打出し、畜種別、樹種別堆肥の発酵試験、土壌施用量、連用試験、床土への利用など一連の試験を実施した。またバイオガスプラントから排出される消化汚泥を好気処理することによって活用する方法も検討した。

この時期の年代毎の試験研究内容をみると、昭和35年（1960）以降は、水稻、麦を対象とした新肥料や堆肥の連用効果試験に取組み、昭和45年以降は、レンコン、茶、タケノコ、コンニャクなどの特作物の生理障害対策試験や土壌調査に取組んだ。

昭和55年（1980）以降は本県の主要な農業形態である水稻－野菜の一環作付体系の高度輪換田利用における土壌管理、施肥管理に関する試験の必要性が高まってきたこと、本県が京阪神地域の生鮮野菜の供給基地として重要な地位を築き上げつつあることなどから、野菜を主体とする試験研究課題が増加してきたことが特徴的である。

2 80周年以降

昭和59年（1984）5月、農耕地における地力増進基本指針の策定と地力増進地域の指定制度等について定めた地力増進法が制定された。本法は、それ以前の耕土培養法が目指した農耕地土壌の化学的性質の改良に加えて、物理的性質や生物的性質をも含めて土壌の性質全般の改良を図ることの重要性を謳っている。

本県でも本法律に基づき、県内8カ所を土壌改良を要する地力増進地域に指定し、精密な土壌調査とその結果に基づく土壌改良対策技術をまとめた地力増進対策指針を作成した。現在、指定地域における土壌の改善状況を実態調査し、地力増進地域の指定解除に向けて準備を進めている。

昭和末期の日本は、奇跡的な戦後復興をもたらした高度経済成長もその勢いに衰えを見せ始めていたものの、株価の上昇等に下支えされて経済大国ともてはやされるまでになった。そのような経済情勢の中、本県農業粗生産額も着実に向上し、昭和60年（1985）にピークを迎える。この頃、野菜販売額が米販売額を追い抜き、県農業界においても京阪神への生鮮野菜供給基地構想が打ち出された。それに伴い、次第に野菜に関する試験課題が増加し、特に根菜類の生育障害対策に果たす土壌肥料研究の役割は大きかった。今や、本県を代表する特産物と

なった春夏ニンジン産地では、昭和61年頃から横しま症や黒しみ症が多発生し問題となった。現地での土壌調査や各種改善試験に精力的に取り組み、根部障害の発生には土壌水分や根部表皮でのフェノール物質の蓄積、地下水中の鉄含量等が影響を及ぼすことを突き止めた。吉野川の三角州地帯に分布するレンコン産地では、掘り取り時に表皮が黒変するレンコン黒皮症に悩まされていたが、無硫酸根肥料を使用することで被害が軽減した。また、かんがい水中の塩分の許容濃度を明確にすると共に塩害対策には暗渠排水と清水かんがいを組み合わせると効果が高いことも明らかにしている。

本県砂地畑にとって不可欠な「手入れ砂」の代替研究は、昭和53年（1978）に県沿岸海域での海砂の採取が禁止されて以降、「手入れ砂」の確保対策が県議会で取り上げられるに至ってからは、伊島沖海中砂の適性試験に端を発し、それ以降にも多くの労力が注ぎ込まれた。その間、「洗い砂」や「風選」による土壌中の微細粒子の除去、サツマイモ・ダイコンの適正地下水位、サツマイモ栽培における適正粒径組成、暗渠排水による排水改善、ホウ素過剰症の解明など多くの技術開発を行った。しかし、一回の作業で数種の効果が得られ、しかも「手入れ砂」並に低コストな代替策は見出せていない。平成13年度（2001）の機構改革に伴い「手入れ砂」代替研究は、農芸化学科からプロジェクト担当に引き継がれ、「手入れ砂」に頼らない土壌管理指針の策定や結晶片岩を粉碎した「人工手入れ砂」の開発に取り組んでいる。

水田土壌に関する研究では、水稻の秋落ち現象の原因となる鉄欠乏水田の分布と含鉄資材の施用効果を明らかにし、吉野川並びに那賀川下流域での塩害の実態調査も実施している。また、農産物に対する安全志向の高まりから有機農業への関心が集まり、水稻栽培におけるヨシの敷草処理法やなたね油粕の効果的な用法も明確にした。その他、栽培部門とのプロジェクト研究として高度輪作体系化研究に取り組み、野菜栽培を軸とした徳島型高度水田利用体系を確立するに至った。

昭和末期から平成時代の初期にかけて、農産物にも世界規模での自由競争時代が到来し、国際競争力を付ける目的から本県でも積極的に農耕地の基盤整備が進められた。しかし、圃場整備跡地では、作土の排水不良、下層土の圧密化、強酸性土壌の出現等の問題が生じるため、パンプレーカによる排水性改善や心土破砕機による下層土の膨軟化を実証するための現地試験を展開した。同種の問題は跡を絶たず、現在でも県南の圃場整備田に露地

野菜産地を育成するためのプロジェクト研究を実施している。また、中山間地においても国営事業による畑地の新規造成が盛んに行われ、土壌肥料研究部門としては阿讃開発造成畑での土壌生産力阻害要因の解明試験等にも取り組んだ。その他、昭和54年度から平成10年度（1998）までの20年間における本県農耕地土壌の地力の実態と変遷をモニタリング調査した結果を取りまとめて公表している。

平成2年（1990）のバブル経済崩壊後は、経済至上主義が見直され、農業が周辺環境に及ぼす影響の実態調査や環境保全型土壌管理技術の確立が急務となった。そこ

で、手始めにニンジン跡地における残存窒素低減技術の確立に取り組み、その後はレタス、キャベツ、ホウレンソウなど主に葉菜類について環境に配慮した適正施肥量を提案してきた。さらに、地球温室効果ガスの実態把握や硝酸性窒素負荷低減対策にも取り組んでいる。同時に畜産廃棄物はもとより各種産業から排出される有機質資源のリサイクル利用が求められており、その堆肥化物の肥効試験も実施してきた。今後とも環境保全型農業の早期実現に向けて、土壌肥料研究に寄せられる期待は、ますます増大するものと思われる。

第2節 研究業績

1 水 稲

1) 施肥法および土壌管理方法

昭和47年度から平成3年度（1972～1991）にかけて三要素の施用について枠試験を実施した。水稻の収量は三要素施用>無カリ≥無リン酸>無窒素の順であった。追肥について昭和61年度にリン酸および水溶性珪酸の効果を検討した。コシヒカリは窒素1.2kg系列のリン酸追肥区では、倒伏軽減効果はみられなかったが、やや増収した。

昭和57年度から60年度（1982～1985）にかけて、水田の高度利用の一つとして、飼料用水稻の多収栽培のための施肥法を検討した。増肥による多収効果は品種により傾向が異なり、中国91号では増収し、密陽23号では明らかでなかった。各試験とも塩安系肥料、硫安系肥料による差はみられなかった。

昭和63年度から平成9年度（1988～1997）にかけて有機栽培技術に関する試験を実施した。有機質肥料の利用については、コシヒカリ栽培においてナタネ油粕を化成肥料の一般的な施肥時期である入水・代かき直前に施肥すると、入水・代かき20日前に施肥する慣行施肥よりも増収する成果を得た。

その他、有機入り化成肥料の施用方法の検討や油粕と堆肥施用の組み合わせ方法についても検討した。緑肥の利用については、緑肥作物の種類、すき込み時期を検討した。コシヒカリの収量は、慣行区に比べて緑肥すき込みで少なくなった。また、すき込み時期が遅くなるにし

たがい少なくなった。緑肥連作による効果も判然としなかった。田面への黒ポリマルチやヨシの処理についても検討し、ヨシの田面への敷草処理は移植後32日目の処理で高い抑草効果を発揮した。また、移植後53日目の処理が幼穂形成期の窒素補給に役立ち、コシヒカリの収量の向上に寄与することが明らかとなった。

コシヒカリは多肥型の野菜跡では倒伏し収量が不安定になることが問題になった。昭和63年度から平成4年度（1988～1992）にかけて、多肥型の野菜跡の適正な肥培管理のための試験を実施した。窒素肥沃度のうち無機態窒素の簡易測定法としてEC（1:5）、可給態窒素の簡易測定法として1/15M磷酸緩衝液抽出窒素の適用を試み、倒伏との関係を得た。また、代かき前の土壌の窒素肥沃度を調べて、それに基づいた基肥の施肥方法も検討した。さらに、野菜残さのすき込みがコシヒカリへ及ぼす影響を洋ニンジン、レタスで検討したが、野菜の種類による影響は判然としなかった。残さすき込みに対してケイ酸加里の施用効果が認められた。

2) 新肥料への対応

昭和61年度（1986）に窒素珪酸加里化成の追肥の効果を検討し、日本晴の収量はラグ期の施用によりやや増加した。また、同年度に節間短縮剤入り追肥肥料SDF21の効果も検討し、多肥栽培条件下におけるコシヒカリの顕著な節間短縮効果を確認し、収量も慣行に対して16%増収した。

3) 土壌改良・土層改良

地力増進地域指定地区の土壌実態調査等の結果から、

県内に遊離酸化鉄欠乏に基づく秋落ち水田の分布が広いことが明らかとなった。これをうけて昭和61年度から63年度（1986～1988）に鉄欠乏水田地帯で含鉄資材の施用効果を検討した。転炉さいまたは電気炉さいの20kg/a施用で明らかな増収効果がみられ、20kg/a程度の連年施用が適当とする成果が得られた。また、昭和63年度に鉄混合ケイカルの効果を検討し、普通ケイカル施用に対して102～117%の増収効果を確認した。その肥効は中粒質土壌、粗粒質土壌となるに従って効果が大きかった。

湿田の乾田化に伴い発生した強酸性土壌の改良を平成6～7年度（1994～1995）に阿南市見能林地区で試験した。40kg/aの中和石灰（消石灰）に炭カル37.5kg/aを施用する方法により土壌がアルカリ性に傾斜しすぎるきらいはあるが、2～10%増収した。

4) 堆肥

昭和50年度（1975）から土壌保全対策事業の基準点調査により堆肥施用などの効果を検討している。昭和50年度から平成3年度（1975～1991）にかけては冬作にイタリアンライグラスを栽培した。堆肥を10a当たり1000kg施用により日本晴の収量は増収する傾向であり、試験期間17年間の平均で51.5kg/aと化学肥料単用に対して7%の増収であった（図2-6-1）。平成4年度からは圃場を新たに設け、冬作にレタスを栽培しコシヒカリについて試験を実施している。

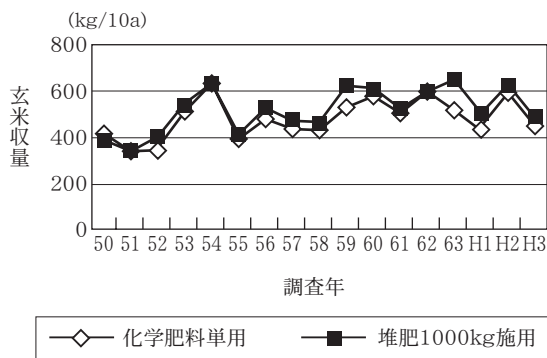


図2-6-1 玄米（日本晴）収量の経時変化

2 麦

食料生産に占める麦の地位が低下し、土壌肥料分野における麦に関する研究も昭和35年度（1960）以降は三要素や堆肥の効果を検討する枠試験の規模で細々と続けられていた。その後、昭和56～58年度における小麦-大豆作付体系のなかで再び見直され、昭和61～平成2年度（1986～1990）の圃場整備田の畑利用のための技術

対策、平成4～7年度の基盤整備田の畑地利用における安定生産向上対策が行われてきたが、それ以降は麦に関する研究は行われていない。

1) 有機物の施用

有機物の施用効果については過去に多くの試験成績が報告されている。昭和56～58年度（1981～1983）における小麦-大豆作付体系の確立では小麦-大豆体系において有機物施用が作物及び土壌に及ぼす効果を検討しており、有機物施用によって小麦の収量は15～30%増収した。また、跡地土壌ではECが高くなり、リン酸、苦土が増加した。

2) 圃場整備田の畑利用

昭和61から平成6年度（1986～1994）まで阿波町の圃場整備田において暗渠排水および土層改良がビール麦の生育収量におよぼす効果を検討し、安定生産のための地力増進対策試験を実施した。

(1) 暗渠排水

圃場整備田において暗渠方式の違いによる排水効果を比較検討した。本暗渠、簡易暗渠、簡易暗渠+クロス暗渠の3種類について、暗渠からの距離がビール麦の生育収量および土壌水分に及ぼす影響について調査した。

本暗渠区では暗渠に近づくに従って麦の生育は旺盛となり、収量は暗渠から3m程度の地点までかなりの増収効果が認められた（図2-6-2）。しかし他区では暗渠からの距離と麦の生育収量の間に関係は認められず、効果は判然としなかった。また土壌水分については暗渠からの距離が遠くなるに従って高くなった。

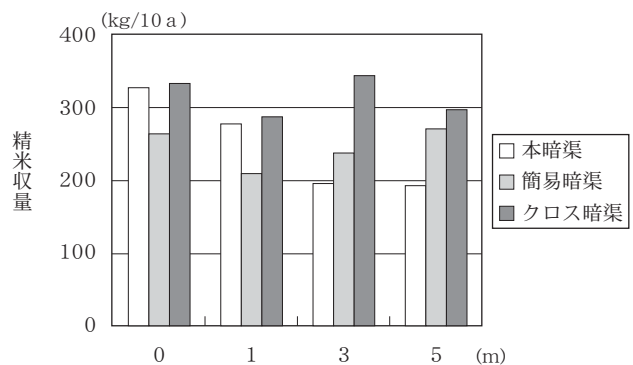


図2-6-2 暗渠からの距離と精麦収量（平成元年度）

(2) 土層改良

圃場整備田において透水性などの土壌物理性を改善するため土層改良を検討した。土層改良としてレーキ、簡易暗渠の密度、リッパー、有機物+深耕を処理した結果、生育は旺盛となり、収量も増加した。しかし、初期生育

の良かった有機物＋深耕を組み合わせた区では倒伏したため増収程度は低かった。また土壌は有機物＋深耕により孔隙率が増大し、土壌物理性の改善効果が認められた。

(3) 地力増進対策

圃場整備田では土壌攪乱による下層土の混入などの地力低下が麦の安定生産の阻害要因となっているため、地力増進対策として土壌改良を検討し、土壌改良資材として苦土石灰、ようりん、おがくず堆肥を用いて麦の生育収量および土壌の化学性を調査した。おがくず堆肥施用区では稈長、穂長の伸びがみられ、収量も増収した。土壌の化学性については、おがくず堆肥の施用により全炭素が増加した。苦土石灰、ようりんの施用による石灰およびリン酸の増加はほとんどみられなかった。

3 野菜

1) レンコン

昭和57年度（1982）にレンコンの黒皮症が硫酸根の影響によることを明らかにしたが、昭和58～59年度にその防止対策試験を鳴門市と松茂町で実施し、無硫酸根肥と含鉄資材の併用で症状が軽減されることを明らかにした。

また昭和60～62年度（1985～1987）に塩害地レンコンの生産改善対策試験を徳島市川内町で実施し、清水かんがい、暗渠、無硫酸根肥料の施用の組合せにより増収し、土壌中の塩分やイオウの濃度が低下することを実証した。

昭和63～平成元年度（1988～1989）には市場評価を下げる要因となっている皮点黒変症状の原因究明に取組み、X線分析により黒変部には鉄、マンガンが集積していること、土壌中への鉄、マンガンの添加や有機物の施用による土壌の還元処理により皮点黒変の症状が助長されることを明らかにした。

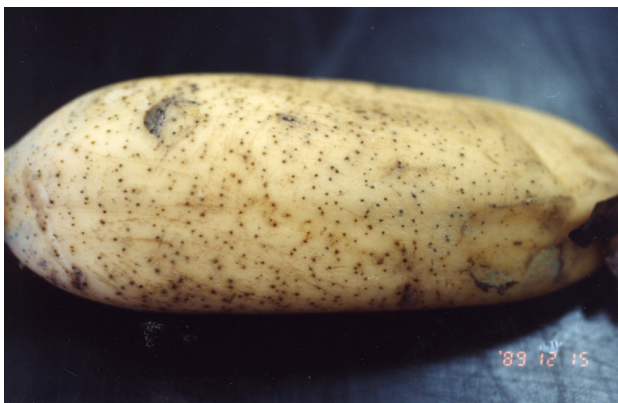


写真2-6-1 レンコンの皮点黒変症状

平成2～4年度（1990～1992）には灌漑水の塩分濃度の影響を検討し、塩分（NaCl）濃度が500ppm以下であれば問題はなく、1000ppmをこえると減収し、2800ppmをこえると収量が半減、5000ppmをこえると枯死することを明らかにし、灌漑水の塩分濃度の診断基準を確立した。

平成3～4年度（1991～1992）には、水洗レンコンの水溶性リン酸含量の実態調査を実施し、土壌中の水溶性リン酸含量や可給態リン酸含量とレンコン中の水溶性リン酸含量には有意差がないこと、レンコンの部位別の水溶性リン酸の自然含量値は、第1節1.21ppm、第2節0.78ppm、第3節0.95ppm、第4節1.28ppmと推定されることを明らかにした。

2) イチゴ

平成元～2年度（1989～1990）におがくず牛糞堆肥の施用量試験を実施し、無施用区と比較して2 t 施用で増収したが、4 t 以上の施用での増収効果は認められなかったことから、おがくず牛糞堆肥の施用基準を2t/10aと定めた。

昭和61～平成元年度（1986～1989）には、シートパイプ暗渠に弾丸暗渠を直行させたクロス暗渠処理の効果を検討し、増収効果や土壌中の塩基類の集積抑制効果を認めた。

昭和62～平成元年度（1987～1989）には全農からの委託を受けて、隔離床（商品名：ドレンベッド）栽培の実用性を土耕栽培との比較で検討し、増収効果や土壌中の塩類集積の改善効果を明らかにした。



写真2-6-2 イチゴの隔離床栽培

昭和63～平成元年度（1988～1989）にはイチゴハウス土壌でのリン酸の過剰集積の実態調査結果を踏まえて、リン酸減肥試験を実施した。リン酸を20～50%減肥しても収量は維持された。土壌中の可給態リン酸含量はリン酸の減肥量に応じて減少したものの、土壌中の水溶性リン酸含量には処理間差は認められなかった。

平成2年度（1990）には「女峰」の生育診断技術の開発に取組み、生育・収量と葉柄中の硝酸イオン濃度や土壌の塩類集積との関連を検討し、葉柄中の硝酸イオン濃度を1500ppm以下、土壌のEC値を0.4dS/m以下に管理することにより生育不良や障害果の発生を抑えられることを明らかにした。

平成3年度（1991）には、「とよのか」の食味と施肥量や灌水量との関連を検討した。施肥量が多いほど糖度、酸度とも高くなったが、糖酸比は差がみられなかった。

また灌水量が少ないと、総収量はやや減少するものの、1果重や糖度が高まった。

3) キャベツ

昭和60年度（1985）に小松島市田野地区の圃場整備水田において冬作野菜の安定生産のための土壌改良試験を実施し、苦土石灰の200kg/10a施用により、pHを6.0に改善することができた。

平成7～9年度（1995～1997）には、環境に配慮した施肥基準を策定するための試験を行い、被覆窒素肥料による減肥の可能性を検討した。慣行の窒素施用量（25kg/10a）で増収し、窒素利用率を向上させることができた。

4) グリーンアスパラガス

昭和61～62年度（1986～1987）にメタン発酵により消化汚泥を製造する際に発生する消化液の液肥としての効果を検討し、10倍希釈液の地下灌水処理で増収することを明らかにした。

昭和61～63年度（1986～1988）には、阿讃開発に伴う新規造成畑での導入野菜の検討を目的とした土壌改良試験、施肥改善試験を行った。土壌改良試験では下層土を50cm及び80cmまで掘り上げて埋め戻した土層改良区で増収効果が認められた。また施肥量を基肥慣行、基肥1.5倍、基肥2.0倍で検討したが、多肥による増収効果は認められなかった。

5) タマネギおよびダイコン

昭和62～平成2年度（1987～1990）に、阿讃開発に伴う新規造成畑での早期熟畑化対策について検討した。

4年間のおがくず豚糞堆肥の連用によりタマネギ、ダ

イコンとも増収し、表土の化学性は改善（腐植含量の増加、酸性矯正）され、新規造成時に40cmの深耕処理＋有機物、ようりん、炭カルの施用により土壌の肥沃度が向上し、タマネギの目標収量（7t/10a）を達成できることを明らかにした。



写真2-6-3 タマネギの収量調査の様子

6) 洋ニンジン

昭和62～平成4年度（1987～1992）に県内の洋ニンジン産地で発生した根部の黒しみ症状の原因究明と改善対策について取組んだ。鉄を含む地下水等で洗浄した際に根部に含まれるポリフェノールと鉄との反応で生成される褐変物質が原因であることを明らかにした。



写真2-6-4 ニンジンの黒しみ症

平成2～3年度（1990～1991）には日和佐町の圃場整備地区で排水改善対策試験を実施し、暗渠処理＋耕盤破碎処理により排水性が改善し、収量、品質も向上することを明らかにした。

平成2～6年度（1990～1994）には洋ニンジンの品質改善のための土壌管理・施肥管理技術について検討し、鶏糞の施用により横しま症状の発生が助長されること、土壌水分が少ないほど凹凸や曲がりが少ないこと、耕耘を多くする（慣行の5回から8回に増やす）ことにより根形が紡錘型になることを明らかにした。

平成3～5年度（1991～1993）には水稲－野菜の輪換田利用における土壌管理技術について検討し、弾丸暗

渠、耕盤破碎、有機物施用により、品質（根形の揃い）が向上することを明らかにした。

平成5年度（1993）から当時注目され始めた環境に優しい農業（環境保全型農業）に関連する本格的な試験研究の推進を図っており、まず5～7年度には洋ニンジンの効率的な施肥法について検討し、10a当りの吸収量が窒素は12～13kg、りん酸は7kg、加里は36～39kgであること、窒素施肥量は16kg/10aでも栽培可能である（当時の県の施肥基準量は23kg/10a）ことを明らかにした。

平成8～9年度（1996～1997）には土壌管理、施肥管理の実態調査を藍住町の9圃場で実施した。調査項目は、施肥状況、耕耘回数、収穫前後の土壌の理化学性、収量・品質、養分吸収量等である。

これらの調査結果を踏まえ、平成10～13年度（1998～2001）に環境保全型の洋ニンジン栽培技術確立のための試験研究を行った。

窒素慣行施肥（30kg/10a）と減肥（20kg、16kg/10a）による収量や窒素吸収量等を検討した結果、収量、品質（カロチン、糖含量）、窒素吸収量とも差はなく、減肥により窒素利用率が向上することを明らかにした。

また土壌中に集積した後、地下水等へ溶脱して水質汚染の原因となる硝酸性窒素の溶脱抑制技術について取り組み、窒素施肥量を16kg/10aとし、洋ニンジン収穫直後にソルガムをクリーニングクロープとして無肥料で栽培することにより、土壌中に残存する硝酸性窒素量を4分の1に、地下水等へ溶脱する硝酸性窒素量を3分の1に抑えながら、収量・品質を維持することが可能であることを明らかにした。

7) ホウレンソウ

平成5～7年度（1993～1995）に環境に優しい施肥基準の策定を図るための試験を実施した。緩効性肥料基肥全量施用により増収し、葉中の硝酸性窒素やシュウ酸の減少、ビタミンCの増加が認められ、品質も向上することを明らかにした。

平成10～14年度（1998～2002）には県内で多く生産される鶏糞堆肥（ミマ有機）の有効利用を目的とした水稲－ホウレンソウ作付け体系における施肥量基準策定のための試験を実施した。鶏糞の施肥量が多いほどホウレンソウは増収したが、後作の水稲への影響も考慮し、ホウレンソウに対する鶏糞堆肥の施用限界量を1,000kg/10a程度とした。

平成12～14年度（2000～2002）には追肥の条施用による減肥技術の開発に組み、5kg/10aの条施用で慣行

（10kg/10a）と同等の収量が得られ、葉色も同程度で、葉中の硝酸含量が減少することを明らかにした。

8) ブロccoli

平成4～6年度（1992～1994）に水稲－broccoli作付け体系において有機農法栽培技術の実用性について検討するため、慣行栽培、有機質肥料による省資源栽培、堆肥栽培、無肥料栽培について各々無処理と黒マルチ処理を設定し、比較検討した。

堆肥栽培、無肥料栽培は黒マルチ処理をしても生育・収量が大きく劣り、3年間の栽培による有機農法技術の実用化は困難であった。

平成13年度（2001）からは阿南市、海部郡を中心とした県南地域の圃場整備田での野菜導入をはかるため、圃場の透水性改善対策試験に組み、圃場四方を明渠処理して地表排水を行うことにより、湿害が回避できることを明らかにした。

9) レタス

平成7～9年度（1995～1997）に環境に優しい施肥基準の策定を図るための試験を行い、窒素施肥量を40%減肥（22kg/10a）しても同等の収量が得られることを明らかにした。

平成14年度（2002）から土壌中の硝酸性窒素の集積抑制や温室効果ガスの発生抑制技術を検討するための試験を実施し、硝酸化成抑制剤入り被覆窒素肥料を用いることにより収量、品質を維持しながら硝酸性窒素の土壌中での集積や地下水への溶脱を抑制することを明らかにした。

4 飼料作物・特用作物

1) オモト

昭和56年（1981）頃から那賀郡相生町で栽培されるオモト（切り葉）の新葉の先端部に、8月から10月にかけてうずまき状の黄褐色斑点が発生し問題となった。



写真2-6-5 オモトのうずまき症

昭和57年度から59年度（1982～1984）にかけて調査を実施した。症状は硫酸マンガンの施用により発現し、粗砕石灰石のような石灰資材の施用により土壌の酸性を改良すると発生を防止できた。

2) 茶

昭和52年度から63年度（1977～1988）にかけて土壌保全対策事業の基準点調査により窒素施肥量の違いが茶樹の生育と土壌化学性に及ぼす影響について検討した。窒素標準N6区（6 kg/a）に比べて2倍量としたN12区でも収量、品質の向上に結びつかなかった（図2-6-3）。

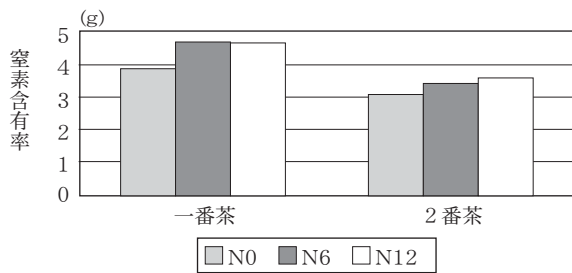


図2-6-3 茶の窒素含有率

注) 窒素含有率は乾物当たり。一番茶は1979～87年の平均値、二番茶は1978年～87年の平均値

3) その他

昭和61年度（1986）にモウソウ竹における養分含有率の経時変化の調査を、昭和63年度にはクワイに対するパルプかすくん炭質改良材の培地利用試験を実施した。

5 農林畜産廃棄物利用

昭和58～61年度（1983～1986）の地域複合化推進試験研究、平成4～5年度（1992～1993）の畜産環境改善のための開発研究、平成6～7年度の発酵鶏ふんの利用試験などを実施した。

1) おがくず牛ふん堆肥

昭和58～61年度（1983～1986）に小松島市田野地域における地域複合化推進試験研究の土壌肥料部門において、おがくず牛ふん堆肥の発酵期間が堆肥中の化学成分の変化およびキュウリの生育に与える影響について検討した。

堆積発酵期間が長くなるにつれてCECの増大、アンモニア態窒素の減少と硝酸態窒素の増加、アルカリ性から中性への変化などの傾向を示した。また粗灰分、リン酸、カリ、石灰、苦土などの含有率が高くなる傾向も示した。

各発酵期間の堆肥を容積比で25%、50%土壌に混合して、キュウリの幼苗を移植育苗した結果、苗の生育は

発酵期間0日のものを除いて発酵期間が長いほど優れた。発酵期間0日のものは初期～中期の生育は5、15日のものより勝ったが、後半に窒素欠乏症が現れやすくなる傾向を示した。

2) おがくず豚ふん堆肥

平成4～5年度（1992～1993）に畜産環境改善のための開発研究が実施され、おがくず豚ふん堆肥の発酵過程において、発酵30～35日目頃の発酵堆肥に尿を散布する堆肥化を行った。この場合、尿による水分過多、発酵不良、塩基の蓄積などが問題となることから、適正な発酵期間を把握するために発酵期間とその成分変化について検討した。

60日目でも多量のアンモニア態窒素が存在し、90日目では60日目の28%まで減少した。しかし、90日目でもpHが9.0以上あったことからさらに長い発酵期間が必要であることが明らかとなった。

3) 消化汚泥の利用

昭和56年度（1981）に阿波郡市場町大俣地域に通商産業省のバイオマス計画の1つとして、「高率バイオガス生産システム」が建設された。バイオガスは反応槽と安定化槽の保温熱源として利用されており、この処理施設において家畜ふん尿を処理する過程から産出される消化汚泥の処理利用方法について昭和58年から61年度に検討した。

(1) 消化汚泥の堆肥化

a 添加堆積発酵

消化汚泥は嫌気発酵による生成物で、直接農耕地で利用することが難しいため、おがくず、おがくず堆肥などを混合して堆積発酵させた。その結果、30日間堆積発酵させたものではおがくず豚ふん堆肥（容積比で50%添加）が最も高温（67℃）となった。その後、切り返しを行って再び堆積発酵させると、鶏ふん（25%添加）が最も高温（75℃）となった。消化汚泥だけのものは堆積しても35℃までしか発酵しなかったが、その間に水分が減少して、切り返し後は48℃まで発酵した。こうして、60日間堆積発酵したものは無処理の消化汚泥を除いて、非常に粘着性の少ない堆肥化物になった。また、鶏ふんを添加したものは堆積発酵期間中のアンモニア臭が非常に強かった。

b 好気発酵による成分変化

消化汚泥を好気発酵処理するためにバイオマスプラント（メタンガス発酵施設）を用いて消化汚泥に混合するための種堆肥（消化汚泥堆肥）を作り、消化汚泥と消化

汚泥堆肥を容積比1:2で混合し、1日4回の繰り返し作業を組み入れることにより、約9日間で好気発酵させた消化汚泥堆肥を製造することができた。この過程において消化汚泥の発酵程度とその成分変化を調査した。

バイオマスプラントから算出される消化汚泥（原料）は水分70.5～74.8%で、黒褐色、粘着性のあるものであり、それを好気発酵処理した種消化汚泥堆肥では水分が60.1%に低下し、黒褐色で粘着性、汚物感の全くないものになり、pHの低下、硝酸性窒素の激増、全窒素、リン酸の微減、カリの微増などの変化がみられた。また、消化汚泥堆肥で堆積発酵期間の短いものは、種消化汚泥堆肥に比べて水分が多く、pHが微アルカリ性を示した。

(2) 消化汚泥堆肥の育苗利用

消化汚泥を堆肥化したものを用いてキュウリの育苗を試みた。その結果、30日間堆積発酵させたもので、キュウリの苗として良かったものはおがくず堆肥を添加させたものであり、おがくず添加は窒素欠乏症状を示し、鶏ふん添加は生育が非常に抑制された。消化汚泥だけを30日間堆積発酵させたもので、中心部のものはキュウリの生育がよかったが、表層に近いものは生育後期に窒素欠乏症を示した。また、土壌を容積比で50%混合すると処理間差がなくなり、キュウリの苗としてよりよいものができた。葉菜類の育苗についてはキャベツ、レタス、ブロッコリーにおいて育苗が可能であった。

(3) 消化汚泥堆肥の施用試験

昭和60～62年度（1985～1987）に消化汚泥堆肥の実用性について、イチゴの施設栽培で検討した。

消化汚泥堆肥の施用によりイチゴの生育は旺盛となり、収量も増収し、消化汚泥堆肥の実用性が認められた。

4) 発酵鶏ふんの利用

美馬郡では養鶏農家から排出される鶏ふんを発酵させて、鶏ふん処理、環境問題等の解決を図ろうとする事業が進められている。平成6～7年度（1994～1995）にこの発酵鶏ふんの各種野菜に対する施用量（10a当たり0 t, 1.5 t, 3.0 t, 4.5 t）および生育反応を検討した。

3.0 t区、4.5 t区はハウレンソウ、コマツナ、ダイコン、小カブで発芽が遅れたり、生育が不揃いであったが、1.5 t区では発芽障害は全く観察されなかった。レタス、ブロッコリー、キャベツのように幼苗を定植した野菜においては3.0 t区、4.5 t区における初期生育の抑制等は観察されなかった。

発酵鶏ふんを土壌に混合し、14, 28, 42, 56, 80日目に土壌中の無機化率を測定した。

無機化率は、14日目で15～20%、28日目で25～30%、42日目で31～38%、56日目では39～40%と徐々に高くなった。緩効性肥料であるCDU肥料を混合した土壌と比較すると、無機化が遅いことが明らかとなった。

第3節 砂地畑土壌に関する研究

鳴門市を中心に分布する約1,200haの砂地畑では、主に夏作にサツマイモ、冬作にダイコンが栽培され、その他にもラッキョウや青ネギが産地化されている。特にサツマイモとダイコンは、青果用としての品質の高さが市場で評価され、全国的にも有数の高収益型栽培体系が確立されている。このような砂地畑における根菜類の高品質栽培を持続するためには、「手入れ砂」と呼ばれるこの地域独特の海砂の客土技術が不可欠であった。

砂地畑でサツマイモ、ダイコンを連作するとロータリー耕耘による砂の細粒化や植物体残さ等の蓄積により土壌中の微細な粒子が増加し、砂地畑土壌特有の排水性や通気性が低下する。そこで、「手入れ砂」は3～5年毎に粗粒質の海砂を10a当たり30～50m³客土して土壌の物理性改善を図ることを主な目的として実施するが、その

他にもミネラル分等の海水由来成分の補給、新砂を客土することによる病原菌密度の希釈など様々な効果があると考えられている。

ところが、徳島県海域では昭和53年（1978）に海砂の採取が禁止され、現在使用している香川県産海砂も平成17年度（2005）からの採取禁止が決定された。このような状況から県議会においても海砂の供給量の減少がたびたび取り上げられるなどして問題化したため、農業研究所としても「手入れ砂」の代替技術の開発には多大な労力を注ぎ込んできた。すなわち、砂地畑土壌の実態調査、「手入れ砂」代替素材の選定と開発、土壌改良および施肥改善による「手入れ砂」量の低減化、土壌維持管理指針の作成等の取り組みである。

1 砂地畑土壌の実態把握

1) 砂地畑の立地条件とサツマイモの収量

本県砂地畑は立地条件の違いから砂丘畑、炭がら畑、造成畑の3種類に大別できる。昭和59～62年度（1984～1987）の間、砂丘畑、炭がら畑、造成畑からそれぞれ2農家の良および不良圃場を選定し、立地条件がサツマイモの収量、品質に及ぼす影響を調査した。つる長・つる重は、造成畑>炭がら畑>砂丘畑の順に生育量が多かった。生育不良圃場は、土壌が過乾燥になりやすく、生育良圃場はやや水持ちが良い傾向が認められた。

2) 砂地畑土壌の粒径組成とサツマイモの収量

昭和59年度（1984）に砂地畑土壌の粒径組成とサツマイモの収量を調査したところ、粒径が0.21mm以上の砂の割合とサツマイモの収量は有意な相関関係が認められ、砂粒子が粗いほど収量が多かった。

3) 砂地畑土壌における粒径別の養分供給力

砂地畑では連作すると砂粒子が細くなりサツマイモやダイコンの品質が低下しやすくなる。そこで、昭和61年度（1986）に砂の粒径別の養分供給能を検討した。

CaOは0.25mm以上の粒径で470mg/100gと多く、ついで0.046～0.1mmの210mgであったが、0.01M塩酸2L程度でほぼ全量が抽出されていた。MgOは塩酸量が増加するとともに抽出量が漸増した。0.046～0.1mmの溶出量が最も多く塩酸10Lでの積算溶出量は60mg/100gであった。K₂OはMgOと同様漸増した。粒径が小さいほど抽出量が多く0.046～0.10mmでは25mg/100gであった。Fe、Cu、ZnはK₂Oと同様に粒径が小さいほど抽出量が多くなっていった。しかしFeは他の要素とは異なり、塩酸量が増加しても塩酸単位量当たりの溶出量はあまり減少せず積算溶出量は直線的に増加する傾向を示した。

4) 土壌理化学性の実態把握

砂地畑圃場のほぼ全域において、平成10～12年度（1998～2000）に土壌理化学性の実態調査を実施した。土壌pH（H₂O）は4.6～8.9の広範囲に分布した（図2-6-4）。交換性石灰含量も圃場間のばらつきが大きく、過剰に集積している圃場が認められた。pHの高い、交換性石灰含量の多い地域は手入れ砂の客土割合が高く、香川県沖の海砂を使用した割合が高かった。可給態リン酸含量はほとんどの圃場で県診断基準値以上に含まれており、過剰に集積している圃場も認められた。一方、交換性加里含量は、地域全体の62%で診断基準値を下回って

いた。造成畑では暗渠排水の埋設割合が高かった。0.25mm未満の微細な粒子の割合が高い地域は、砂丘畑地域に多く分布していた。

以上のように本県の砂地畑の土壌化学性には概ねJAの管轄地域毎の地域性が、土壌水分管理には造成タイプ毎の特性が認められた。

5) 砂地畑土壌の水分推移および理化学性が

サツマイモの収量・品質に及ぼす影響

平成10～12年度（1998～2000）、現地砂地畑圃場19圃場の土壌水分推移と土壌理化学性がサツマイモの収量・品質に及ぼす影響を実態調査した。

挿苗後40日までの生育初期に土壌水分がpF値で1.5～1.8程度の間を安定して推移すると、サツマイモの個数が多くなり、秀品収量が増加した。生育中期に降水量が少なかった平成10、12年度（1998、2000）には、土壌中の微細粒子が多いほど秀品収量も多い傾向が認められたが、同時期に降水量の多かった平成11年度には、その反対の傾向が認められた。生育初期に土壌水分が過湿気味の圃場や全生育期間を通じて土壌の乾湿の差が大きい圃場では、塊根表面の凹凸が多い、塊根の曲がりの程度が強いなどの傾向が認められた。生育中期以降の土壌水分が過湿気味に推移していた圃場は、塊根中の糖含量が少なかった。

以上のように、サツマイモの収量、品質と土壌の物理性との間には密接な関係があることが認められ、砂地畑の造成タイプよりもむしろ日降水量の推移等栽培年の気象の影響を受けることが確認された。

2 手入れ砂代替素材の選定と開発

1) 伊島沖海中砂の適性試験

平成2～4年度（1990～1992）に伊島沖海中砂の手入れ砂としての適性を検討した。伊島沖海中砂は、土壌pHが高い上に乾燥し易いため、連作砂や慣行手入れ砂と比較してサツマイモ、ダイコンともに生育、収量が劣り、ダイコンでは裂根、岐根が多かった。従って、伊島沖海中砂は手入れ砂としての利用は適さないと思われた。

2) 各種代替素材の適性試験

県内産海砂に代わる手入れ砂素材を検索するため、平成4～9年度（1992～1997）に県外産海砂3種類（香川県2種類、岡山県）、砕砂3種類（鳴門市中山、鳴門市大麻、板野町）、中国砂（浙江省黄河河口砂）、陸砂（川内町畑の底砂）、川砂（上板町）の9種類を場内に設置した2.5m四方の枠に深さ60cmに充填した全層試験と連作

砂層の上に各種代替素材を5cm客土した手入れ砂効果試験を実施した。次いで、場内試験で有効性が確認された代替素材の現地実証試験を平成7～9年度に実施した。

(1) 全層試験

岡山県の海砂、板野町の砕砂、中国砂は明らかに収量が低かった。一方、陸砂は3年間を通じて安定した収量が得られた。

(2) 手入れ砂効果試験

9種類の砂は慣行の手入れ砂とほぼ同等の成績が得られ、各素材とも手入れ砂として1回客土した程度では、特に問題となる点は無かった。しかし手入れ砂の客土回数を重ねていくと、徐々に砂地畑の土層に占める代替素材の割合が高まり、代替素材の性質が砂地畑に影響を及ぼしてくると考えられ、全層試験で著しく収量が劣った前記3種類の砂の使用は避ける方がよいと思われた。

(3) 現地実証試験

農業試験場で有効性の確認された山砂、川砂、海砂の3種類の代替素材について、現地実証試験を関係農協5ヶ所の現地圃場で行った。実証圃の土壌条件によって各砂の客土効果の現れ方が異なった。海砂は湿りやすい圃場でも乾きやすい圃場でも総体的に増収効果が認められた。川砂は他の素材より粒径が粗いため湿りやすい圃場における「手入れ砂」効果が顕著に現れ、乾きやすい圃場では効果が劣る傾向が認められた。山砂は一定の傾向が認められなかった。

3) 「人工手入れ砂」の開発

吉野川河口砂の特性を再現するため、結晶片岩を主体とした砂利を砂の角が取れる新型粉碎器で粉碎した「人工手入れ砂」の客土効果を平成13年度(2001)に現地圃場において検討した。「人工手入れ砂」の客土は砂地畑土壌の排水性を良くする、土壌を柔らかくする、土壌中の空気を通りやすくする等土壌の物理性の改善とサツマイモの外観品質の向上などの点で従来の「手入れ砂」と同様の効果が認められた。平成14年度からは現地圃場において実証試験を実施している。

3 土壌改良および施肥改善による「手入れ砂」量の低減化

1) 微細粒子除去による土壌物理性の改善

「手入れ砂」は、土壌中に占める微細粒子の割合を低下させることで土壌物理性を改善すると考えられている。そこで、水洗あるいは風選処理により砂地畑土壌中の微細粒子を除去し、「手入れ砂」と同様な効果の有無を検討

した。

(1) 「洗い砂」処理

連作砂地畑土壌に含まれる微細粒子を水で洗い流す処理およびその処理砂を「洗い砂」と称した。昭和62年度(1987)に場内ライシメーターに連作砂、「洗い砂」を充填してサツマイモの栽培試験を行ったところ、連作砂区に比べて収量の増加および皮色の向上等、「洗い砂」による土壌物理性の改善効果が認められた。

そこで昭和63年度(1988)には、現地圃場での実用化を図るため「洗い砂」する際の砂の回収率や理化学性の変化等を検討した。「洗い砂」作業は建設用砂利選別プラントの砂回収用ドラム式分級機で行った。「洗い砂」の作業能率は元砂のプラントへの投入時間を含め鳴門、松茂試験地でそれぞれ25、13m³/時間であった。砂の回収率はそれぞれ69、60%であった。「洗い砂」は元砂に比べてCEC、全炭素、全窒素が減少していた。「洗い砂」の粒径組成は元砂に比べて0.2mm以上の粒子が増加し、0.05～0.1mmの粒子は半分程度に、0.05mm以下の粒子は5分の1程度に減少していた。

平成元年度(1989)には鳴門市の現地圃場の連作砂を「洗い砂」し、元の圃場に5～15cmの厚さで戻した試験区を設定して微細粒子除去効果とその持続性について検討した。平成5年度までサツマイモを5作作付したところ、洗い砂区は連作区に比べて収量の増加、外観品質の向上等の傾向が認められた。また連作区と比較して掘取りやすく、塊根に付着する砂が少なく、水洗い作業が簡便であるなどの収穫作業面での有利性も認められた。しかし5作目の収穫跡地土壌の物理性は試験区間に明確な差がみられなくなり、改善効果は小さくなってきているように思われた。



写真2-6-6 砂回収用ドラム式分級機による洗い砂処理

(2) 風選処理

平成3年度(1991)に松茂町の現地圃場3カ所において、土壌中の微細粒子を風選により除去した砂を7cm

の厚さに客土し、平成4～6年度にサツマイモの栽培試験を実施した。風選作業は連作砂を風乾させた後、2mmのふるいにかけて大きな粒子や植物残さを除き、扇風機を使って微細粒子を取り除いた。作業時間は1m³当たりふるい作業に約1時間、風選作業に約2時間を要した。

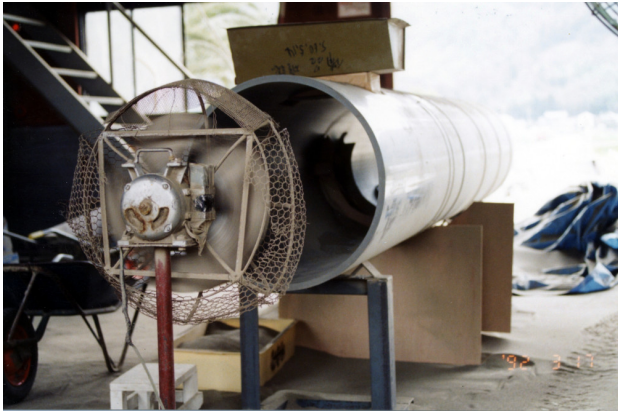


写真2-6-7 風選処理

微細粒子を除去した試験区では連作区に比べて、塊根の外観品質が向上する傾向が認められた。

このように、連作砂地畑土壤から「洗い砂」や風選により微細粒子を除去した砂の客土は、「手入れ砂」と同等の効果が認められたが、それぞれの処理に多大な労力やコストを要することから、実用化するためには現地での簡易な処理技術や効率的な機械施設の開発等が望まれている。

2) 海水の葉面散布および土壤施用がサツマイモの品質・収量に及ぼす影響

海水の葉面散布および土壤施用がサツマイモの品質・収量に及ぼす影響を検討した。

原液及び希釈した海水を葉面散布する試験を昭和61、62年度（1986、1987）に、土壤施用試験を昭和62～平成3年度（1987～1991）に行った。各処理によりサツマイモの皮色の向上が認められた年もあったが、試験期間を通しての明確な効果は不明であった。

3) 新規砂地畑におけるおがくず豚糞堆肥の施用

新規造成した砂地畑は保水性、保肥力が劣るため、収量、品質が低下しやすい問題点があるが、造成時におがくず堆肥を0.5～1.0t/10a施用するとサツマイモの収量が安定することが明らかになった。しかし、連年施用すると栽培年の降水状況等により一定の傾向が認められなかった。ダイコン栽培においては、造成時施用、連年施

用ともにおがくず豚糞堆肥の施用による増収効果が認められた（平成6～12年度）。

4) 暗渠排水の土壤改良効果

平成7～9年度（1995～1997）に現地4圃場、平成8～12年度に場内圃場において、砂地畑への暗渠排水の設置による土壤改良効果を検討した。湿りやすい圃場においては、土壤水分が適正に管理されることでサツマイモの収量が増加し、外観品質も向上することが明らかになった。

5) もみがらくん炭およびおがくず牛糞堆肥の施用がサツマイモおよびダイコンの収量・品質に及ぼす影響

もみがらくん炭とおがくず牛糞堆肥の施用がサツマイモの収量・品質に及ぼす影響を検討したところ、もみがらくん炭およびおがくず牛糞堆肥ともに圃場条件によって施用効果の発現程度が異なっていたが、各資材が手入れ砂効果の一部を代替できることが判明した（平成10～12年度）。

4 土壤維持管理指針の作成

1) 砂地畑における地下水位と作物の生育

昭和61～63年度（1986～1988）に地下水位とサツマイモ、ダイコンの生育との関連について検討した。サツマイモは地下水位60cmが収量、品質面で優れていた。ダイコンは地下水位が高いとヒゲ根が目立ち、雨よけ栽培では30cm、自然条件では60cmまたはそれよりも低い状態が好ましかった

2) 砂粒径組成の測定条件の確立

従来、砂地畑土壤や手入れ砂の粒径組成の測定は手動のふるい法で行っていたが、平成4年度に測定結果の再現性を高めるために、自動振動ふるい器を使用した粒径組成測定の見直しを確立した。

0.1mm以下の粒子の回収割合が最も高い測定条件は、振動数が2880回/分、振動時間は15分、振幅は最大幅の3mm、間断振動は5秒振動と1秒間中断の繰り返しであった。

3) 砂の適正粒径組成

砂地畑土壤の粒径組成が土壤の物理性およびサツマイモの収量、品質に及ぼす影響について平成4～9年度（1992～1997）に検討し、サツマイモ栽培に好適な砂の粒径組成を明らかにした。砂地畑土壤中に0.25mm未満の微細な粒子の占める割合が増加するにつれて、土壤中の気相率は減少し、液相率は増加した。砂地畑土壤の

粒径組成が0.25mm未満の微細な粒子を35%、0.25～1.0mmの粒子を65%程度に調整すると、土壌の排水性と保水性のバランスがサツマイモ栽培にとって好適に保たれ、サツマイモの収量が安定し、外観上の品質も向上した。

4) 土壌水分管理指針の策定

連作砂地畑における生育ステージ毎の土壌水分推移がサツマイモの収量・品質に及ぼす影響を平成10～14年度（1998～2002）に所内砂地畑圃場で検討した。生育初期は畦内の土壌水分をpF値で1.5～1.8、生育中期は1.8～2.0、生育後期は2.0～2.5程度に管理すると、塊根の外観品質が向上し、市場価値の高い秀品の収量も増加することが明らかになった。平成13年度からは現地圃場での実証試験を実施している。

5 その他

1) 冬期の季節風による飛砂の防止対策

冬期の季節風による砂の風食状況および防止対策について昭和59～62年度（1984～1987）に検討した。砂の移動は風速が強く、降水量が少なく、日照時間の長い2月が一番多かった。2月の飛砂量は、他の季節の6～7倍に達していた。飛砂の防止にはわら切り立て、防風ネット、畦立て等の効果が認められた。

2) ロータリー耕耘による砂粒子の細粒化

昭和61、62年度（1986、1987）にロータリー耕耘に

よる砂粒子の細粒化を検討した。耕耘回数が多くなると0.046mm以下の微細な粒子の割合がわずかながら増加したことから、ロータリー耕耘が連作砂地畑土壌の細粒化の要因の一つであると考えられた。

3) ホウ素過剰症の解明

サツマイモの葉脈間が黄化し、更に症状が進むと葉縁部が黄褐変化して壊死する症状が見られたので、昭和63～平成3年度（1988～1991）に現地調査と再現試験を行った結果、ホウ素過剰症であることが判明した。過剰症発生の主な原因はホウ素入り肥料と各種微量要素資材の併用によるホウ素の多量施用であった。土壌中の熱水可溶性ホウ素濃度が1.0ppm、葉身中のホウ素濃度が200ppmを越えると過剰症が発生すると考えられた



写真2-6-8 サツマイモのホウ素過剰症

第4節 土壌調査事業

1 地力保全対策事業（昭和47年度から土壌保全）

1) 地力保全対策診断事業（昭和49～59年度）

地力増進診断指導事業（昭和60～現在）

昭和41年度（1966）に土壌の悪化ならびに作物の生育不良の現状を迅速かつ的確に診断し、必要な対策をたてるため県農業改良課の所管で開始された。当初は農業試験場の地力分析診断室と9農業改良普及所のうち板野（現徳島 鳴門藍住営農室）、阿南、阿波麻植（現川島）の3か所に設置される地力測定診断室で運営される予定であった。しかし事業の効果が認識され全国に先がけて、昭和49年度に全農業改良普及所に地力測定診断室を設置し、きめ細い診断体制を確立した。その後、地力増進

診断指導事業運営要領（昭和60年度）により地力診断が実施されることとなった。

農業試験場（現農業研究所）の分析診断室は分析診断指針の作成や測定診断室と共同で各地の作物の生育障害の診断と対策、さらに事前の障害回避方策などで農家の生産安定につとめた。事業の進展で単なる生産性の向上対策にとどまらず、生産者自身がpH、EC、硝酸態窒素含量などの数値に関心をもち、施肥改善の意識向上に寄与したことは大きかった。さらに昭和55年度（1980）からは全農型の土壌分析器が各地の農業協同組合に設置されはじめ、迅速な診断で生産者のより身近なものになった。

2) 土壌環境基礎調査・定点調査（昭和54～現在）

(平成10年度から土壤環境負荷低減対策事業モニタリング調査)

県内農地の地力の実態と土壤の変化を長期的、総合的に把握するために、水田120、普通畑50、樹園地70の計240か所の土壤の定点を設け、毎年度60地点、最終年は取りまとめおよび補足調査という、5年を1サイクル(1巡目：昭和54～58年度、2巡目：昭和59～63年度、3巡目：平成元～5年度、4巡目：平成6～10年度)とした土壤調査および管理実態調査を実施した。平成11年度(5巡目)からは定点数を97地点として調査を行っている。

1～4巡目までの20年間の調査結果から、施肥に関連する項目のうち可給態リン酸は各地目で増加していた。普通畑、樹園地では集積が著しく、水田では水稲-野菜体系での増加が顕著であった。交換性塩基類は水田、樹園地で増加したのに対し、普通畑では変化がみられなかった。水田の遊離酸化鉄は水稲-野菜体系で減少し、水稲-麦体系では少なかった(表2-6-2～2-6-4)。

表2-6-2 水田土壤化学性の巡毎平均値

項目	1巡目	2巡目	3巡目	4巡目
作土深 (cm)	11	14	15	15
pH(H ₂ O)(1:5)	6	6.1	6.2	6.1
pH(KC1)(1:2.5)	5	5.3	5.3	5.2
全炭素 (%)	2.05	1.96	1.92	2.01
全窒素 (%)	0.199	0.202	0.196	0.199
陽イオン交換容量 (meq)	11.3	11.3	11.4	13.1
交換性石灰 (mg/100g)	161	182	201	193
交換性苦土 (mg/100g)	30	28	31	31
交換性加里 (mg/100g)	15	19	21	24
塩基飽和度 (%)	69	75	81	68
可給態リン酸 (mg/100g)	37	38	49	43
可給態ケイ酸 (mg/100g)	26	24	18	39
遊離酸化鉄 (%)	0.86	0.82	0.65	0.86

表2-6-3 普通畑土壤化学性の巡毎平均値

項目	1巡目	2巡目	3巡目	4巡目
作土深 (cm)	19	20	18	19
pH(H ₂ O)(1:5)	5.9	6.3	6.5	6.4
pH(KC1)(1:2.5)	5.1	5.3	5.5	5.6
全炭素 (%)	0.157	0.166	0.155	0.175
全窒素 (%)	11.6	11.9	11.7	12.7
陽イオン交換容量 (meq)	201	172	195	204
交換性石灰 (mg/100g)	30	25	31	31
交換性苦土 (mg/100g)	42	50	47	48
交換性苦土 (mg/100g)	94	93	108	93
交換性加里 (mg/100g)	97	66	110	109
塩基飽和度 (%)				
可給態リン酸 (mg/100g)				

表2-6-4 樹園地土壤化学性の巡毎平均値

項目	1巡目	2巡目	3巡目	4巡目
作土深 (cm)	22	15	14	11
pH(H ₂ O)(1:5)	5.7	5.8	5.8	5.7
pH(KC1)(1:2.5)	4.7	4.9	4.8	4.7
全炭素 (%)	2.42	2.45	2.93	3.26
全窒素 (%)	0.209	0.245	0.297	0.312
陽イオン交換容量 (meq)	16.8	18.9	18.9	23.9
交換性石灰 (mg/100g)	211	293	268	258
交換性苦土 (mg/100g)	44	51	50	55
交換性加里 (mg/100g)	52	58	46	51
塩基飽和度 (%)	67	77	74	56
可給態リン酸 (mg/100g)	116	185	168	155

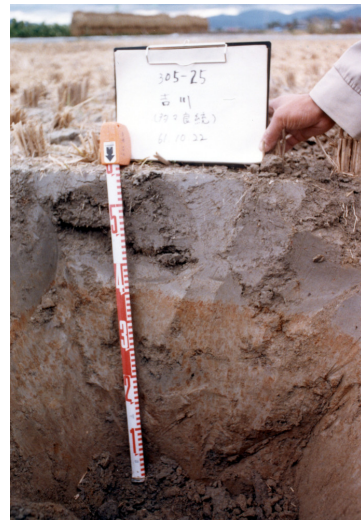


写真2-6-9 土壤断面調査 (定点調査)

3) 地力増進地域指定地区土壤改善対策調査

昭和60年度(1985)より地力増進法に基づき、地力増進地域を指定し(表4-7-4)、土壤調査により生産力的特徴を明らかにするとともに現地において改善対策試験を実施した。

昭和63年度(1988)には水田を対象とした指定地区地力増進対策指針を作成した。また平成13年度(2001)からは地力の改善がみられた地域に対して、指定の解除に向けた改善状況等調査を行っている。

表2-6-5 地力増進地域指定地区

指定年度	地域名	土地利用
昭和60	上板町高志地区	水田
昭和60	穴喰町	水田
昭和61	阿南市中之島・上中地区	水田
昭和61	日和佐町	水田
昭和62	鴨島町	水田
昭和63	石井町	水田
平成元	松茂町	砂地畑
平成2	徳島市川内地区	砂地畑

4) 土地利用型別肥培管理と地力の変遷

定点調査と併行して基準点調査により、水田、茶樹園、転換畑、砂地畑で肥培管理などの差異が作物や土壌に及ぼす影響調査も行っている。

粘質乾田では昭和50～平成3年度（1975～1991）に水稲－イタリアンライグラス、平成4年度～現在まで水稲－レタス、水田転換畑では昭和57～平成4年度にソルガム－ハウレンソウ、平成5～6年度にキャベツ－洋ニンジン、平成7年度～現在までスイートコーン－洋ニンジンの作付け体形で、茶園では昭和52～63年度に調査を行った。また、平成元年度から砂地畑においてサツマイモ－ダイコン体系で調査を継続している。

5) その他の土壌保全対策事業の調査

昭和58～61年度（1983～1986）の土壌環境対策調査では、徳島市川内地区、応神地区、鳴門市、板野郡松茂町の吉野川下流北岸地域、那賀川下流南北岸地区（阿南市および那賀川町）、小松島地区、および海部地区において塩害実態を調査した。かんがい水中のNaCl濃度が500ppmをこえるものが川内・応神地区で40～44%、鳴門市で33%、松茂町で4%であり、川内・応神地区では旧吉野川や今切川を水源とする用水地域より、深井戸（30～50m）に頼っている地域で塩害が目立った。

那賀川下流南北岸地区（阿南市および那賀川町）ではNaCl濃度が500ppmを越えるものは、北岸地区で25地点中3地点、南岸地区では25地点中0地点であった。

小松島、海部の両地区の塩分含量は低かった。

昭和61～63年度（1986～1988）、土壌に関する情報を総合的に管理、利活用するためパーソナルコンピュータを利用した土壌情報処理システムの開発について検討し、定点調査（現モニタリング調査）データの取りまとめのプログラムを開発した。

水田高度利用対策については、昭和53年から56年度

（1978～1981）に県内の主要転換畑などにおける作物導入や湿害の問題に対処した。57年度水田高度利用の可能性の判定を行い、排水対策および土壌管理対策をたてた。

2 国土調査

土地分類の目的は、国土の利用にあたって自然環境の保全や地域の自然的、社会的、経済的特性に配慮した均衡のある発展をはかる最も必要な土地条件を科学的総合的に調査分類することである。国土調査のうち農業試験場が担当しているのは、都道府県土地分類基本調査の土壌図のうちの耕地部分である。昭和46年から61年度（1971～1986）に池田、甲浦、脇町、日和佐、阿波富岡、桜谷、剣山、雲早山、川口、北川、鳴門海峡、徳島、伊予三島および川島（農技研担当）の14図巾を完了した。

3 環境保全機能向上土壌、施肥管理技術の確立事業

土壌生成温室効果ガス動態調査事業として平成3～6年度（1991～1994）に水田土壌のメタンガス発生動態および畑土壌からの亜酸化窒素ガスの発生量の動態について調査検討を行った。平成4～6年度の水田からのメタンガスの総発生量は9.8～30.7g/m²であり、中干し開始時に急増し、中干し終了時や落水後はほとんど発生しなかった。ガス発生量と酸化還元電位、地温および地上部の生育との関係は明らかではなかった。ニンジン畑における亜酸化窒素ガスの発生は施肥直後または施肥後の降雨後に増加し、調査期間中の発生量は43.8～51.8mg/m²であった。

4 その他の各種調査

昭和61～62年度（1986～1987）に吉野川下流域における土地改良事業計画検討の基礎資料を得るため、県吉野川農業水利対策室が設定した定点の土壌調査および水質調査を行った。