

石灰窒素と有機質肥料の併用効果

～先人がこだわった石灰窒素の特性と有機質肥料のよさを

高品質農産物の生産と環境保全型農業に活かす～

コープケミカル株式会社 農材開発部長

技術士 吉田吉明

石灰窒素は、20世紀のはじめに、空気中の窒素を工業的に固定して製造された最初の肥料である。2001年に生誕100年を迎えたが、奇しくもこの年に、独立行政法人農業環境技術研究所が、「マメ科植物ヘアリーベッチが石灰窒素の有効成分であるシアナミドを生成する」ことを発見し、石灰窒素の主成分を植物が生成することが証明されたことは、土壌肥料分野では大きな衝撃であった。

昭和32年の農薬の登録取得以降、肥料・農薬として利用される時代から、さらに土づくり効果など総合的に利用される時代を経て、今日、環境にやさしい肥料・農薬として利用・評価され、今もなお生産現場では根強い需要がある。

石灰窒素が肥料・農薬・土づくりの効果を併せ持つ万能資材であることは、『石灰窒素Q&A』(日本石灰窒素工業会)で事例を含めて紹介されている。ここでは、先人がこだわって使用してきた知恵に学び、「石灰窒素」の特性と「有機質肥料」のよさを活かした使い方として、石灰窒素と有機質を併用した場合に期待される肥効の発現と相助効果について紹介したい。

農薬としての石灰窒素

本題に入る前に、石灰窒素が“環境にマイルドで作物にソフトな農薬”であることを紹介したい。

石灰窒素は、肥料としての効果のほか、農薬として殺菌、殺虫、除草、休眠覚醒、枯凋の効果を持っているが、石灰窒素の農薬効果は、主成分のカルシウムシアナミドによるものである。カルシウムシアナミドは、土壌中では短い日数(3～5日)で分解され、いずれもアンモニア、炭酸ガス、水酸化カルシウム、炭素になり自然に戻る。

また、生体内でも同様な変化を起こし、生物濃縮の危険性がないので、シアナミドによる水系、飲料水汚染の危険性はないものと考えられている。

環境に配慮した持続的農業の推進がますます強く求められているなかで、病害虫防除でも、農産物の生産性と品質を低下させずに環境への影響をできるだけ抑えた防除効果が要望されている。その事例として、2005年以降の臭化メチルの使用制限に対応した石灰窒素の活用がある。

石灰窒素は、センチュウ類に対する農薬登録を取得しており、野菜類・豆類・いも類に対して、播種前または植え付け前に50～100kg/10aを散布後土壌混和することでセンチュウの被害を抑え、同時に肥料効果も発揮する。

また、石灰窒素の利用にあたっては「太陽熱・石灰窒素法」を活用するといっそうの効果が期待できる。

もうひとつの使用事例として注目したいのは、IPM(総合的病害虫・雑草管理)技術である。長野県では、露地キャベツの根こぶ病防除手段として、定植前に性フェロモン剤、葉だいこん作付けとともに、石灰窒素の施用(80kg/10a)を勧めている。

このように、石灰窒素は、根こぶ病菌やパーティシリウム菌の抑制に効果があるが、この場合は定植前に肥料、土壌改良材として施用しながら併せて農薬的效果を期待するものである。

また、はくさいの根こぶ病にも農薬登録を取得しており、播種前または植え付け前に石灰窒素50(粉)100～200kg/10aを散布後土壌混和することで効果がみられ、土づくり・施肥・防除を併せた総合的な肥培管理に石灰窒素の利用は有効である。

緩効性肥料としての石灰窒素

石灰窒素の土壌中での分解過程

石灰窒素の土壌中の分解過程を図-1で示したが、石灰窒素の窒素形態はカルシウムシアナミドであり、加水分解でシアナミドに変化し、土壌コロイドなどの作用によってさらに加水分解され尿素となる。微生物(アンモニア化成菌)の作用でアンモニアとなり、さらに微生物(硝酸化成菌)の作用で硝酸態窒素に変化する。これらの変化は、加水分解と微生物分解による反応であるため、石灰窒素の分解の速さは土壌中の水分と温度に影響する。過乾燥や湛水状態、温度が低い場合は分解速度が遅くなり、いわば作物の生育に適した環境が石灰窒素の分解にもよい環境であるといえる。

図-1 石灰窒素の土壌中での分解過程(石灰窒素Q&A)

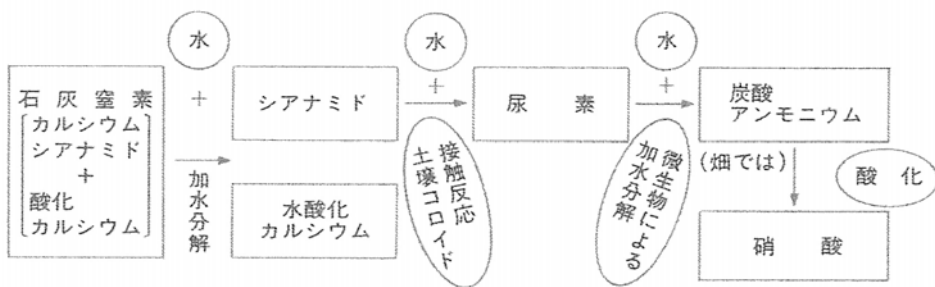
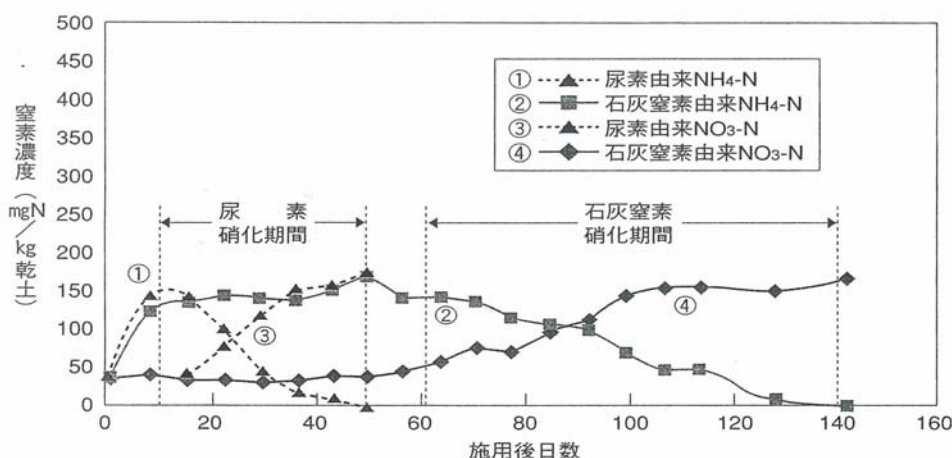


図-2 石灰窒素と尿素との窒素消長の比較～細粒褐色森林土～20°C、100kgNha⁻¹
 [電気化学工業(株):日本土壤肥料学会講演要旨集(1998年)より]



肥効が持続し、土壌から流亡しにくい

図-2は石灰窒素と尿素との窒素消長を比較したものであるが、石灰窒素のシアンアミド態窒素は、尿素への変化やアンモニア化は速やかに進むが、硝酸態窒素へはゆっくりと変わることがうかがえる。

これは、石灰窒素の窒素がやや緩効性であると同時に、石灰窒素(シアンアミド)から生成されるジシアンジアミドが硝酸化成菌の増殖を抑制する効果があるからである。

表-1は各種アンモニウム塩類の土壌への吸着力の比較を示したものであるが、石灰窒素から生じるアンモニアは、炭酸や重炭酸と結びついた(重)炭酸アンモニウムの形態になっている。硫酸は硫酸、塩安は塩酸、硝安は硝酸、燐安はりん酸と反応しており、化成肥料はこれらの複合体となっている。

一方、尿素は石灰窒素と同じで炭酸アンモニウムであるが、前述のように、硝酸化成が速いところが大きな違いである。

表-1のとおり、反応している酸の種類によってアンモニアの土壌コロイドへの吸着力が異なり、強酸と結びついたアンモニアの吸着は弱く、弱酸では強くなる。弱酸である炭酸や重炭酸と結びついている石灰窒素由来のアンモニア態窒素は、土壌コロイドに吸着され流亡が少なくなる。

以上のことから、石灰窒素から生成されるアンモニア態窒素は、土壌コロイドへの吸着力が大きいことと併せて、シアンアミドから一部副生されたジシアンジアミドが硝酸化成を抑制するため、アンモニア態窒素の硝酸態窒素への移行が遅れ、土壌中でアンモニア態窒素として保持される期間が長くなる。その結果、硝酸態窒素の流亡を減らし、脱窒活性の抑制や亜酸化窒素の発生を抑制することで肥効が持続し、施肥効率の向上、強いては施肥の省力化、環境負荷の軽減に役立つことになる。

表-2は、鳥取県園芸試験場弓浜砂丘地分場が、夏秋どりねぎ栽培の安定多収と窒素の適正な施肥管理を目的に、石灰窒素と肥効調節型肥料を利用した施肥改善のためにおこなった試験結果である。

この結果は、夏秋どりねぎ栽培では、石灰窒素は100日タイプの肥効調節型肥料と同等の収量となっており、肥効が長いことを示している。

表-1 各種アンモニウム塩類の土壌への吸着力の比較(農林省委託:潮田)

種類	土 壤	沖 積 (甲)	沖 積 (乙)	洪 積	火山灰	第三紀	備 考
塩化アンモニウム		63	95	75	59	57	硫酸アンモニウムの吸着量を100とした指数
硝酸アンモニウム		74	95	84	65	61	
硫酸アンモニウム		100	100	100	100	100	
炭酸アンモニウム		206	160	201	217	125	
重炭酸アンモニウム		226	149	220	225	137	

表-2 夏秋どりねぎ栽培における石灰窒素と肥効調節型肥料の比較(鳥取県園芸試験場:1998年)

肥料名 窒素成分の肥効期間	窒素施肥量(kg/10a)			収量(a当たり)		収量比
	基肥	追肥	合計	本数	kg	
粒状石灰窒素(20-0-0)	10.5	4.5	15.0	3,775	456.9	112
肥効調節型肥料 A (10-10-10)100日タイプ	同じ	同じ	同じ	3,350	395.7	97
肥効調節型肥料 B (12-12-12)100日タイプ(償行)	同じ	同じ	同じ	3,325	407.8	100

有機質肥料の施用効果

有機質肥料が使用される理由

近年、消費者や流通業者の有機農産物に対する関心の高まりと、JAS法で有機農産物および有機農産物加工の「有機」表示の規制がスタートしたことが、生産者やJAの有機銘柄への志向を高めている。もともと生産者、とくに園芸主産地では、有機質肥料に対する根強い需要がある(ここでは、堆肥類でなく普通肥料として扱われている有機質肥料をいう)。全農が過去におこなった調査結果は多少古いが、基本的には現在の農家意識とのズレは少ないと考えられる。そのなかで、園芸主産地農協での施肥実態調査(1975年)の結果では、有機質肥料を使用する理由は圧倒的に「作物の品質向上」を上げており、内容としては「糖度向上など食味向上」「色つや、香りがよくなる」「日持ちがよくなる」で、その結果「販売競争力が高まり、高収入への道につながる」とされている。次いで多いのは、「土壌改良あるいは土壌の保全に寄与する」で、「土壌の物理性改良、肥沃化」「塩類集積の防止、土を荒らさない」となっている。

肥効に関しては、肥効が緩効的であり安定性の面から「肥培管理がしやすく」「多肥栽培しても土壌や作物に害をあたえない」などの意見が多い。また、優秀野菜農家の施肥実態に関する調査(1980年)では、なたね油かすを使用する理由として「生産物の品質がよくなる」がもっとも多く、「肥効が長続きする」「障害がなく安心して使える」「増収が見込める」となっている。魚かすや有機配合、有機化成を使用する理由もほぼ同じ傾向であった。

有機質の施用効果

全農では、有機質肥料に関する試験は過去に多く実施しており、全農農業技術センター肥料研究部(現在営農・技術センター)特別研究報告第1号や有機肥料推進ハンドブックなどでまとめられている。

有機質肥料の無機化など肥効に関する試験、土壌の物理性・化学性・生物性に与える影響、さらに作物の品質におよぼす効果についてはビタミンCやクロロフィルの経時変化や糖度、カロチン含量を調査している。有機質肥料の役割は図-3のとおりで、第1、第2、第3機能としてまとめているが、幅広い効果があることを示している。

表-3は、全農が「有機質肥料の好適施用限界に関する試験」として露地野菜を対象に全国7県の農業試験場に5か年にわたり実施した結果をまとめたものである。有機全量から無機全量まで有機態窒素の含有量を変えた試験であるが、全作物を通してみると、収量は有機態窒素1%以上で増えている。表-4は関連試験で、マスクメロンの隔離床(ドレンベッド)栽培による試験結果であるが、有機含有量が高いほど品質面でよい結果となっている。これら一連の試験結果にもとづいて、有機入り複合肥料銘柄の有機含有量の考え方(具備すべき条件)をなたね油かす換算で有機含有量20%以上(できれば30%以上)、有機態窒素1%以上としており、これらの成績など過去の有機に関する試験結果が根拠となっている。

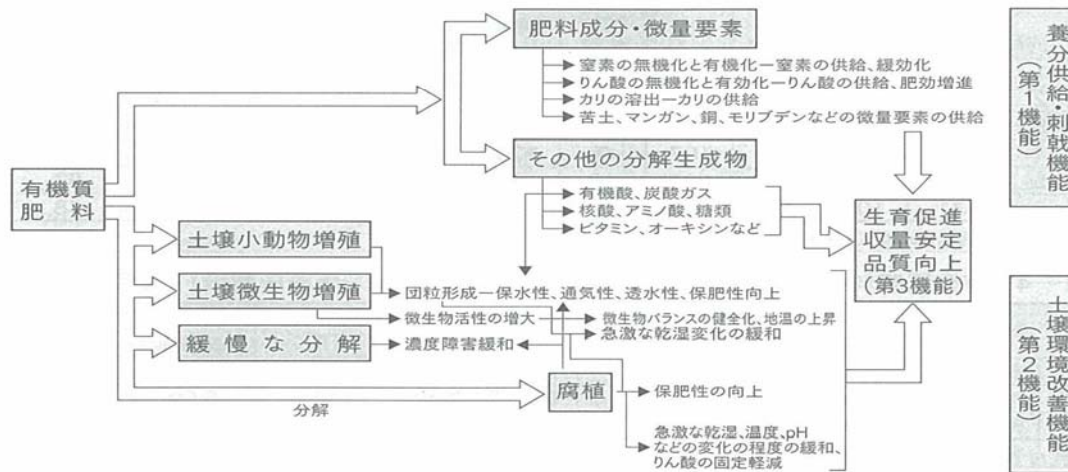


図-3 有機質肥料の役割(有機肥料推進ハンドブックに加筆)

表-3 有機質肥料の好適施用限界に関する試験成績(1980~1986年)

①試験区の構成

試験区	なたね油かすと骨粉の配合割合	窒素成分(保証)		
		有機態窒素(%)	無機態窒素(%)	計(%)
1	0	0.0	7.0	7.0
2	12	0.5	6.5	7.0
3	24	1.0	6.0	7.0
4 ※1	24	1.0	6.0	7.0
5	47	2.0	5.0	7.0
6 ※2	100	4.0	0.0	4.0

※1: 3区に堆肥を別に施用 ※2: 全量有機区であり、施用量は地区と同じである

②有機の配合割合と収量指数の関係

試験区	供試全作物		果菜(ブリンズメロン、スイカ、キュウリ)		葉菜(レタス、キャベツ、ホウレンソウ)		根菜(ニンジン)		タマネギ		指数 100以上の割合 (%)
	試験件数	指数平均	試験件数	指数平均	試験件数	指数平均	試験件数	指数平均	試験件数	指数平均	
1	33	100	15	100	12	100	3	100	3	100	
2	33	101	15	104	12	99	3	102	3	97	61
3	33	105	15	109	12	103	3	94	3	100	73
4	27	110	12	107	9	120	3	100	3	96	78
5	33	104	15	105	12	105	3	107	3	97	67
6	31	105	15	97	11	107	3	109	3	92	48

注) 全農の委託試験(1980~86年) 7農試5か年の結果

表-4 有機質肥料の好適施用限界に関する試験(マスクメロン隔離床栽培)(全農1983年)

試験区	着果位置	果径(cm)		果実重(kg/個)	外観	屈折糖度(度)	ビタミンC(mg/100g)	β-カロチン(IU)	
		縦	横						
1	有機 0%	10.0	12.3	12.7	1.12	3.42	11.8	5.57	19.78
2	有機 24%	10.4	12.3	12.4	1.10	3.42	12.6	5.99	29.55
3	有機 47%	10.5	12.3	12.5	1.14	4.04	12.2	6.28	25.37
4	有機 100%	10.5	12.8	12.9	1.23	4.75	13.0	6.08	32.48

注1) 外観は5段階評価でおこない、数値が高いほど外観がよい

2) 糖度、ビタミンC、β-カロチンは収穫後5日の測定値

有機質肥料との併用効果

古くから生産者に使用されてきた「石灰窒素」の特性と「有機質肥料」の双方のよさを活かした使い方は従来からおこなわれているが、あらためて、石灰窒素と有機質肥料(有機入り複合肥料)を併用した場合の肥効の発現と相助効果を検討してみた。

石灰窒素と有機入り複合肥料を併用した場合の無機化、硝化率の経時変化

図-4は、なたね油かすを24%含む有機態窒素1.2%の有機化成A(N-P-K:8.6-14.5-9.8)区、同有機化成を85%と粒状石灰窒素を15%併用した028区、石灰窒素単用区の無機化の経時変化をみたものである。

インキュベーションの温度条件が15°Cと比較的低温であるため、いずれの区も無機化、硝化率がゆっくりと進むが、石灰窒素単用区がもっとも遅く、有機化成に石灰窒素を併用した区は、硝酸化成が有機化成単用区より緩やかに進んだ。

図-5は、有機化成A単用区と有機化成85%に粒状石灰窒素15%併用した028区について、インキュベーションの温度を15°C、25°Cに設定し硝化率の経時変化をみたものである。無機化は両区とも比較的早く進むが、硝酸化成は石灰窒素を併用することで緩やかに進む。15°Cと25°Cを比較すると、15°Cで硝化率が低く硝酸化成が遅れた。

また、図-6は、副産植物質肥料と蒸製皮革粉を45%含む有機態窒素が5%の有機含有量の高い有機化成B(N-P-K:6.8-9.4-9.4)単用区と有機化成87.9%に粒状石灰窒素12.1%を併用した888区を設定し、石灰窒素併用による硝化率の経時変化をみた。

その結果、硝化率は有機化成Aと同様、石灰窒素の併用により、また25°Cより15°Cで硝化率が低下し、有機含有量の高い有機化成Bのほうが有機化成Aより緩やかに硝酸化成が進む傾向がみられた。

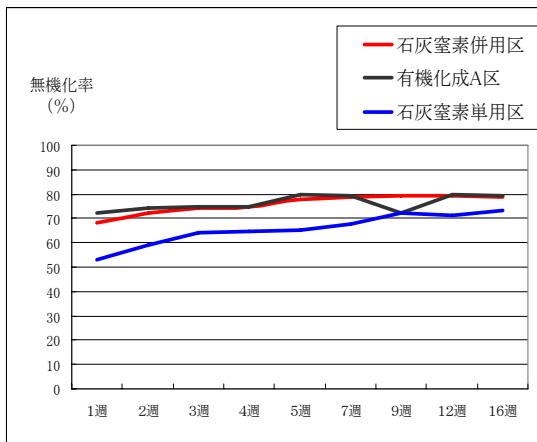


図-4 石灰窒素と有機化成を併用した場合の無機化・硝化率の経時変化(黒ボク土:15°C)

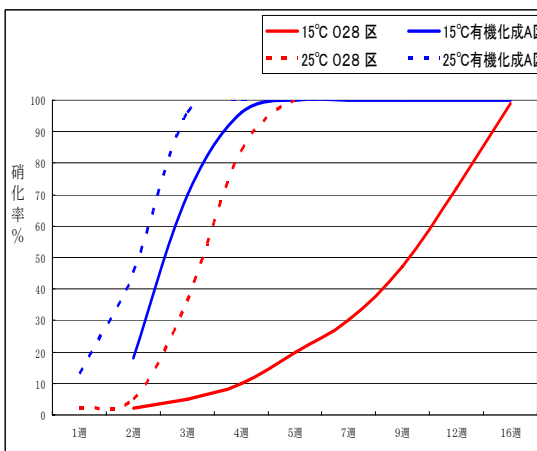
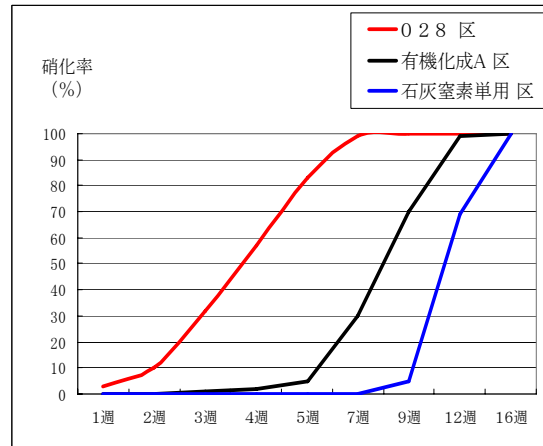


図-5 石灰窒素と有機化成Aを併用した場合の硝化率の経時変化(黒ボク土)

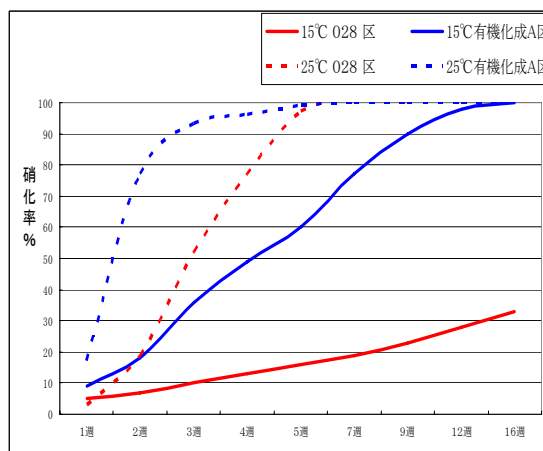


図-6 石灰窒素と有機化成Bを併用した場合の硝化率の経時変化(黒ボク土)

窒素の流亡試験

当社の農材研究所内の黒ボク土壌を使用し、直径30cm、深さ30cmの簡易ライシメーターを圃場に設置し、裸地状態で自然条件における肥料成分の流亡を調査した。試験区は有機化成AとB区、および有機化成区AとBに各々石灰窒素を併用した028区と888区とし、N成分で40kg/10a相当を表層混層施肥した後、経時的に溶脱水を採取し分析した。

2005年12月から2006年3月2日まで(試験開始84日後、まとまった雨量があった2月2日以降の総溶脱水量平均8,100ml)の硝酸態窒素の流亡を図-7に示した。その結果、石灰窒素を併用した区で著しく硝酸の流亡が減少した。

これは、冬季の試験のため低温の影響で顕著な結果となっていることも考えられるが、石灰窒素の併用により硝酸化成が抑制され、硝酸の流亡が少ないことを示している。

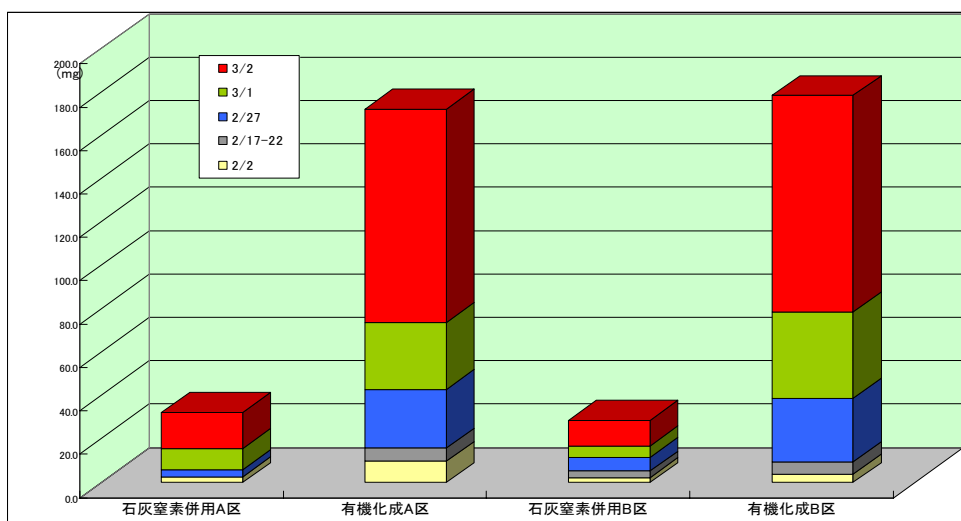


図-7 簡易ライシメーターによる硝酸態窒素の溶脱試験(コープケミカル農材開発研究所、未発表)

肥効試験

はくさい、レタス、キャベツに対する肥効試験を表-5に示した。既存の流通している専用銘柄を対照として、はくさいとレタスは基肥のみの栽培、キャベツは対照区のみNK化成で追肥をおこなった。その結果、収量はいずれも同等以上であり、作物体の硝酸態窒素が5~9%程度減少し、硝酸態窒素の軽減も期待できると思われた。はくさいでは、作物体の全窒素含量と糖度と負の相関、硝酸態窒素とアンモニア態窒素の比率でアンモニアの比率が高いほど葉色が濃くなり、糖度も高まるとの報告(愛知県)もあり、硝酸化成が緩やかに進むことで品質の向上が期待できると考えられた。たまねぎ、バレイショに対する肥効試験の結果を表-6に示した。たまねぎは追肥をおこなったが、バレイショは全量基肥でおこなった。いずれも増収がみられ、L級以上の割合も増加した。

表-5 葉菜類に対する石灰窒素と有機化成との併用試験(コープケミカル農材開発研究所)

供試作物	区	出荷調整重 (g) (指数)	硝酸イオン濃度 (ppm) (指数)	備考
はくさい (品種:黄ごころ 80)	028 区	2,734 (107)	1,842 (96)	定植:2004年9月24日 収穫:2004年12月21日 調査:40株/区
	対照区(*1)	2,554 (100)	1,925 (100)	
レタス (品種:パークレ)	028 区	455.4 (106)	1,050 (94)	定植:2005年1月7日 収穫:2005年3月6日 調査:40株/区
	対照区(*2)	428.9 (100)	1,117 (100)	
じゃがいも (品種:あさしお)	028 区	1,510 (102)	1,228 (91)	定植:2005年8月9日 収穫:2005年10月20日 調査:20株/区
	対照区(*3)	1,490 (100)	1,356 (100)	

*1: 基肥N20kg/10a、対照区:スーパーMMB有機020

*2: 基肥N25kg/10a、対照区:スーパーMMB有機020

*3: 基肥N25kg/10a、対照区:葉菜用専用銘柄(8-10-4)基肥N20kg、追肥NK化成(16-0-16)5kg

表-6 地下茎作物に対する石灰窒素と有機化成との併用試験(コープケミカル農材開発研究所)

供試作物	区	総重量(kg) (指数)	L級以上割合(% (指数)*3	備考
たまねぎ (品種:ターボ)	O28区	41.14(116)	66.1(141)	定植:2004年11月24日 収穫:2005年6月8日 調査:240株/区
	対照区(*1)	35.42(100)	46.8(100)	
じゃがいも (品種:早生白)	O28区	31.76(121)	37.6(103)	定植:2005年3月23日 収穫:2005年6月7日 調査:30株/区
	対照区(*2)			

*1:基肥N20kg/10a、対照区:スーパーMMB有機020、追肥硫安・硫加5kg

*2:基肥N12kg/10a、対照区:原料有機化成A

*3:L級たまねぎ7.0cm~9.0cm未満、パレイシヨ180g~250g未満

以上のことから、有機入り複合肥料に石灰窒素を併用することで、

- ①石灰窒素のシアナミド態と有機入り複合肥料に含まれる有機態窒素の無機化(アンモニア化)は比較的速やかに進む。
- ②一方、硝酸化成は緩やかに進み、とくに低温で硝化率が低く推移したことから硝酸化成の過程は温度依存性が高い。
- ③有機含有量が高い肥料は石灰窒素併用により硝酸化成もやや遅れ、肥効が持続する傾向がみられる。
- ④硝酸態窒素の流出試験の結果からも、石灰窒素と有機入り複合肥料を併用することで、土壌中でのアンモニア態窒素として保持される期間が長く、肥効が持続する。
- ⑤レタス、キャベツ、はくさい、パレイシヨ、たまねぎなど多くの作物に対する肥効試験を実施しているが、概ねいずれも増収がみられている。葉菜類では、作物体の硝酸態窒素の軽減が期待され、パレイシヨ、たまねぎでは上物率が向上したことは、肥効の持続性とアンモニア態窒素と硝酸態窒素の適度なバランスが収量・品質に影響したものと考えられる。

石灰窒素併用時の注意事項

石灰窒素を併用する場合の施肥上の注意事項としては、土壌施用後7~10日間あけて播種、移植する。高冷地、冬場の作型では、低温により硝酸化成がさらに遅くなる可能性があり、また熟畑化していない圃場、水田跡地土壌でも硝酸化成が遅れることがあるので、2~3週間前に施用する。

とくに石灰窒素を散布するときは、肥料袋の裏に表示してある注意事項を守って扱うこととする。

おわりに

石灰窒素と有機入り複合肥料を併用することで、硝酸化成が緩やかに進み、土壌中でのアンモニア態窒素として保持される期間が長く、肥効が持続することを紹介してきた。

一方、石灰窒素による基肥の窒素を削減する技術については、(独)野菜茶業研究所が「環境にやさしい茶生産のための窒素施肥量削減技術」で石灰窒素の活用をあげている。

静岡県でも、茶園の施肥量削減に石灰窒素の活用を検討している。埼玉県でも、石灰窒素と有機化成を併用した試験を実施しており、収量は慣行施肥体系に比べよい結果が得られ、施肥量を2割削減しても品質は問題なく、むしろ収量が高い結果となっている。

このように、石灰窒素の施用により、基肥の窒素を2~3割程度削減しても慣行と同等の収量が得られ、窒素の利用効率が高まる結果が報告されている。

そのため、多肥栽培作物で土壌からの硝酸態窒素の流出が懸念される地域、減化学肥料栽培や特別栽培など環境にやさしい農業(エコ農業)をめざしている地域などに石灰窒素の活用が有効であると考えている。

また、作物によっては、アンモニア態窒素を好むものや、一定程度あれば収量・品質が向上するものもあり、作物体の硝酸態窒素の軽減を求められている作物などへの利用、さらに肥効の持続性から栽培期間の比較的短い葉菜類のマルチ栽培での1回施肥2作とりも可能であり、追肥回数の削減など省力にも役立つと考えている。