

諫早湾干拓地（灰色低地土）の半促成長期どりアスパラガス における土壌 pH 矯正による収量回復

平山 裕介

キーワード：アスパラガス，半促成長期どり，土壌 pH 矯正，収量回復，
消石灰，苦土石灰，硝酸カルシウム

Recovery of spear yield in Semi-Forcing Green Asparagus Cultivation
at Reclaimed Land of Isahaya Bay (Gray Lowland Soil) by Correcting Soil pH

Yusuke HIRAYAMA

目次

1. 緒言	2
2. 苦土石灰を用いた土壌表面施用による方法	3
1) 材料及び方法	3
2) 結果及び考察	4
3. 消石灰を用いた土壌混和による方法	6
1) 材料及び方法	6
2) 結果及び考察	7
4. 硝酸カルシウムを用いた施肥同時施用による方法	11
1) 材料及び方法	11
2) 結果及び考察	11
5. 土壌 pH 矯正方法におけるコスト試算	13
6. 総合考察	14
7. 摘要	15
8. 引用文献	16
Summary	16

1. 緒言

長崎県におけるアスパラガスは、当センターで開発された雨除け栽培技術の確立（小林・新須，1990）¹⁾により、ハウスで2～10月に収穫する半促成長期どり栽培が県内全域に普及し、収穫量は全国第4位（2012年産野菜生産出荷統計）となっている。

半促成長期どり栽培は、2～4月に春芽を収穫し、4月末から5月末にかけて親茎を立茎した後、5～10月に夏芽を収穫する体系で、諫早湾干拓地でも取り組まれている。

諫早湾干拓地は海成干拓地であり、干陸直後（2000年）の土壌pHは9.0前後、土壌改良後の全筆（147圃場）調査（2007年）では土壌pH7.0と中性～弱アルカリ性であり²⁾、リン酸・交換性塩基は県施肥基準を大きく上回っていたため、硫酸を主体とした窒素肥料のみの施肥体系がとられてきた（表1，2）。

諫早湾干拓地におけるアスパラガスの半促成長期どり栽培では、年間施肥量をN-5kg・a⁻¹とし、均等分施することが最も収量が高いと報告されており³⁾、実際、定植後2～4年目の年間平均収量は350 kg・a⁻¹

を確保できた。しかしながら、定植後5年目の2010年には年間収量が300 kg・a⁻¹を下回り、前年総収量の18%減となり、夏芽収量は前年の約21%減、春芽収量は前年の13%減で、夏芽収量の減少が顕著であった（図1）。

収量低下の要因を検討するため土壌分析を実施したところ、土壌pHが大きく低下し、交換性カルシウムも県施肥基準を大きく下回っていたため、石灰苦土比のバランスが悪く、石灰飽和度が10%以下と石灰資材の施用が必要であると考えられた（表3）。また、県下でもアスパラガスの収量低下が問題となっており、その一因として土壌pHの低下が挙げられている。

しかし、アスパラガスは永年性であるため、作付け前に石灰資材を施用して土壌混和をするような土壌改良が困難である。

そこで、アスパラガス圃場の土壌pHの矯正方法を検討すると共に土壌pHの矯正がアスパラガスの収量に及ぼす影響を調査した。

表1 干陸直後の諫早湾干拓農地の土壌化学的性質（2000年3月：中央干拓地）

深さ (cm)	生土		水溶性塩素 イオン濃度 (mg/1000g乾土)	リン酸 吸収 係数	可給態 リン酸 (mg/100g乾土)	CEC (me/100g乾土)	交換性塩基(mg/100g乾土)				塩基 飽和度 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)
	pH(H ₂ O)	EC (mS/cm)					CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
0-15	8.7	0.9	2,917	1,865	55	38.5	708	326	489	542	181	1.56	0.22
15-35	8.8	1.7	8,021	1,831	58	37.8	516	331	571	783	192	1.54	0.21
35-50	9.2	2.3	12,782	1,761	51	36.5	622	309	627	1,343	1,343	1.50	0.21
50-80	9.1	2.6	19,034	1,802	53	33.6	1,009	370	625	1,622	1,622	1.44	0.19

表2 土壌改良後の諫早湾干拓農地の土壌化学的性質（2007年10月：全圃場147地点調査）

深さ (cm)	生土		水溶性塩素 イオン濃度※ (mg/1000g乾土)	リン酸 吸収 係数	可給態 リン酸 (mg/100g乾土)	CEC (me/100g乾土)	交換性塩基(mg/100g乾土)				塩基 飽和度 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)
	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)					CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
7.0	0.4	158	1,137	27.7	35.7	751	262	162	125	1.76	0.19		

※塩素イオン濃度のみ2007年5月351地点の平均
※ 諫早湾干拓営農技術対策の指針より抜粋，改編

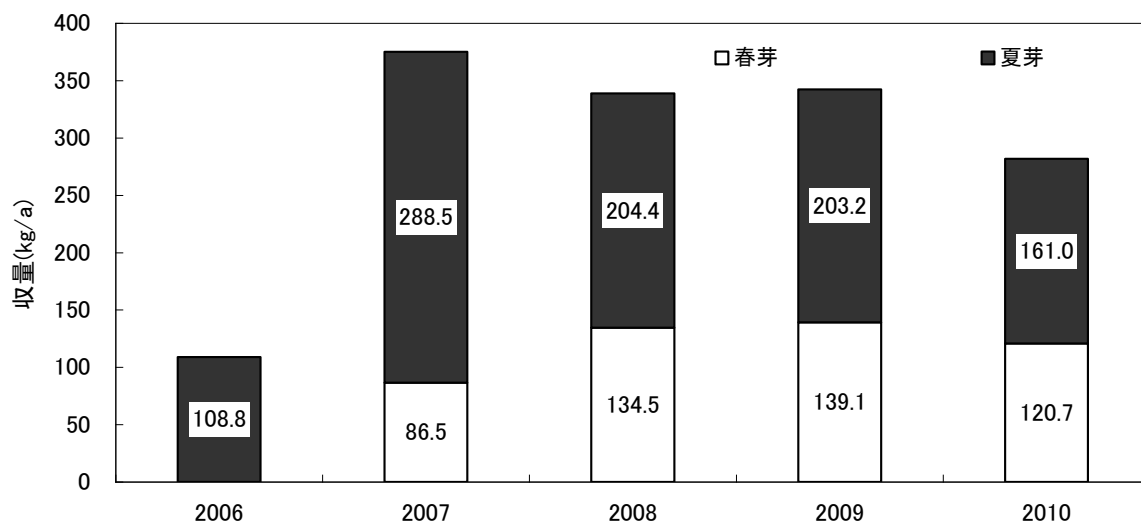


図1 定植後1年目～5年目の収量 (2005年10月定植)

表3 アスパラガス圃場の土壌分析結果 (2010年)

年	試験区	生土		交換性塩基 (mg/100g乾土)			石灰 苦土比	苦土 カリ比	石灰 飽和度
		pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	CaO	MgO	K ₂ O	当量比	当量比	
矯正前	2010 対照区	3.9	0.35	97	35	48	2.0	1.7	8.7%
	長崎県基準 ^{※1}	6.0~6.5		220	30	15-40	4-8	2以上	

※1 長崎県にはアスパラガスの土壌診断基準が無いいため、施設土壌の非火山灰土壌の改良基準を適用

※2 サンプルング2010年 4/16～10/29の間で3回サンプルングした平均値

2. 苦土石灰を用いた土壌表面施用による方法

アスパラガスの半促成長期どり栽培の石灰資材の施用は、保温開始前の堆肥施用時に行うのが一般的である。しかし、土壌 pH 矯正には多量の石灰資材の施用が必要であり、密閉状態の管理となる春芽の収穫時期に窒素成分を含む堆肥との同時施用はアンモニアガス発生の恐れが考えられる。

そのような中、夏芽収量の低下が大きかったことを踏まえ、立茎中にあたる4月末～5月末にかけてアスパラガスの地上部・地下部ともにカルシウムを含む無機成分の吸収が急激に増加することが報告されていることから⁴⁾、立茎前後を中心に消石灰と比

べ矯正効果が穏やかな炭酸カルシウムを主体とする苦土石灰による矯正方法を検討した。

1) 材料及び方法

2005年10月に150 m²の単棟パイプハウス内に定植したアスパラガス‘UC157’を供試した。

試験区の構成は、矯正区と対照区(硫安連用区)の2区制とし、1区は幅1.5m長さ5.75m (8.625 m²)で、各区とも2反復とした。試験期間は2011年夏芽(定植後6年目)とした。

矯正に必要な石灰量を緩衝曲線法により求めたところ、苦土石灰では70 kg・a⁻¹以上必要であったため、

矯正区には立茎前後を中心に苦土石灰 $10 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ を約 10 日間隔で 6 回 (4/22, 5/2, 5/13, 5/23, 6/8, 6/22) に分け土壌表面に施用した。

基肥は施用せず, 4, 5, 6, 7, 8, 9 月に追肥で毎回 $\text{N}-0.83 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ (9 月のみ $\text{N}-0.85 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$) を硫酸で均等に施用し, 合計 $\text{N}-5 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ とし, リン酸 (P_2O_5), カリ (K_2O) は無施用とした。また, 保温開始前の 1 月上旬に堆肥 (もみがら牛ふん堆肥) を現物で $200 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ 施用した。苦土石灰施用の有無以外はすべて同じ栽培管理とした。

土壌サンプリングは約 2 週間に 1 回行い, 夏芽収穫期間の分析値は 4 月 22 日~10 月 31 日の間に 12 回採取したサンプルを平均した。土壌は畝上から 10~15cm (堆肥の層を除いて 5~10cm) の深さを 4ヶ所からサンプリングし, 1 地点のサンプルとした。土壌の調査項目は土壌 pH, EC, 交換性塩基, 石灰苦土比, 苦土カリ比, 石灰飽和度とし, 分析は社団法人日本土壌協会「土壌, 水質及び植物体分析法」⁵⁾ に準じて行った。収穫は 1 日 1 回行い, 規格別収量

を調査した。夏芽の収穫期間は 5 月 24 日~10 月 31 日とした。

2) 結果及び考察

(1) 土壌 pH の矯正効果

本来は土壌化学性を統一すべきだが, 株への影響を土壌 pH 矯正によるものに限定するため, 土壌化学性の調整は行わず, 夏芽収穫期間中の平均土壌 pH の変化で効果を確認することとした。

矯正前 (2010 年) の夏芽収穫期間中の平均土壌 pH は, 矯正区が 4.7, 対照区 (硫酸連用区) が 3.9 であった (表 4)。

矯正区の夏芽収穫期間中 (2011 年) の交換性カルシウムと交換性マグネシウムの量は矯正前に比べ少し増加したが, 土壌 pH は立茎開始後徐々に低下し (図 2), 期間中の平均土壌 pH は 4.1 で前年より 0.6 低下した (表 4)。対照区の土壌 pH も立茎開始後徐々に低下し, 7 月末以降は 3.5 以下で推移し (図 2), 平均は 3.6 で前年より 0.3 低下した (表 4)。

表 4 夏芽収穫期間中の土壌化学性の比較

年	試験区	生土		交換性塩基 (mg/100g 乾土)			石灰 苦土比 当量比	苦土 カリ比 当量比	石灰 飽和度	
		pH (H_2O)	EC (mS/cm)	CaO	MgO	K_2O				
矯正前	2010	矯正区	4.7	0.17	202	74	127	2.0	1.4	18.0%
	対照区	3.9	0.35	97	35	48	2.0	1.7	8.7%	
苦土石灰 による方法	2011	矯正区	4.1	0.45	263	114	133	1.7	2.0	23.4%
	対照区	3.6	0.59	75	66	84	0.8	1.8	6.7%	
2010年と2011年の差 ^{※1}	矯正区	-0.6	0.28	61	40	6	-0.3	0.6	5.4	
	対照区	-0.3	0.24	-23	31	37	-1.2	0.1	-2.0	
長崎県基準 ^{※2}		6.0~6.5		220	30	15-40	4-8	2以上		

※1 交換性塩基の差は小数点以下四捨五入のため一致しない場合あり

※2 長崎県にはアスパラガスの土壌診断基準が無いため、施設土壌の非火山灰土壌の改良基準を適用

※3 サンプリング 2010年 4/16~10/29の間で3回サンプリングした平均値

2011年 4/22~10/31の間で12回サンプリングした平均値

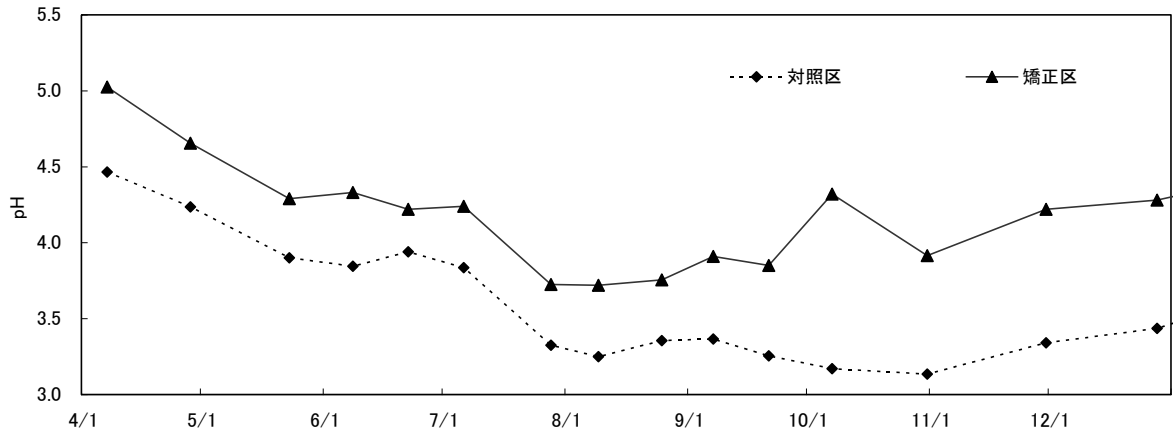


図2 土壌 pH の推移 (2011 年)

(2) 夏芽の規格別収量

2011 年は夏芽の収穫期間の天候が不順で、県下の平均単収が低下した年であった。

夏芽の規格別収量は 2 L・L が対照区に比べ少なく、M は同程度、S・規格外が多かったため、商品収量は矯正区が $103.2 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ で、対照区 ($102.1 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$) の 101.1% と、その差は無かった (図 3)。

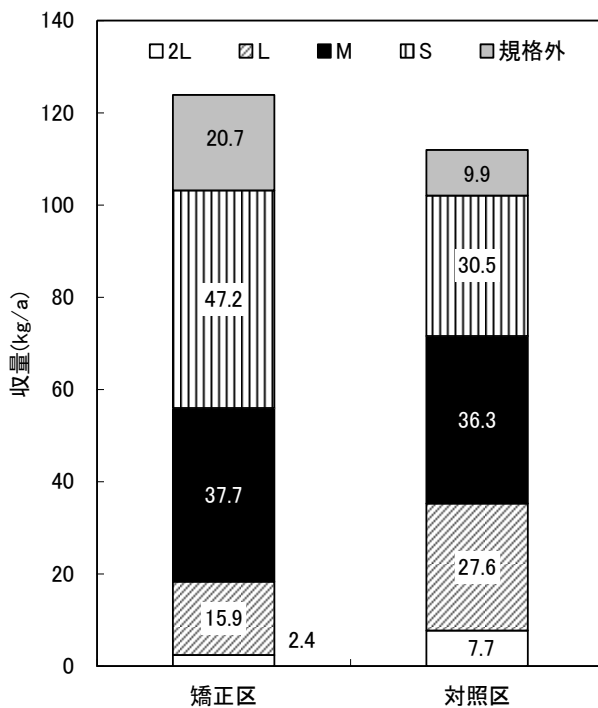


図3 アスパラガスの規格別収量 (2011 年夏芽)

(3) 考察

保温開始前に大量の石灰資材を土壌に混和し急激にアルカリ化することで、根焼けなどの株への悪影響を考慮し、本試験では矯正効果は低いと考えられたが、苦土石灰を株への影響が最も少ないと考えられる立茎中に表層から施用した。しかしながら、予想以上に土壌 pH の矯正効果が低く、夏芽の商品収量も対照区と差がなかった。これは、比較的矯正効果が緩やかな苦土石灰を使用したこと以外に、土壌表面からの施用であったこと、窒素肥料が生理的酸性肥料の硫酸であったことが要因として考えられた。

そこで本試験を 1 年で終了し、保温開始前 (1 月上旬) に石灰資材を土壌と混和する方法を検討するとともに、株への影響が懸念されるため、株への影響調査 (春芽の収量及び異常茎の発生割合) を追加し、窒素肥料を硫酸から生理的中性肥料である尿素に変更することとした。

3. 消石灰を用いた土壌混和による方法

苦土石灰による土壌表面施用の矯正効果が低かったため、石灰資材を苦土石灰より矯正効果の高い消石灰に変更し、施用方法を土壌混和に変更した。また、窒素肥料を生理的酸性肥料の硫酸から生理的中性肥料の尿素に変更し、試験を行った。

堆肥と同時に大量の石灰資材を施用し、その後保温のためにハウスを閉めきるため、アンモニアガスによる悪影響がないか、春芽の収量及び異常茎の発生割合も調査した。

(1) 材料及び方法

2の試験で供試した(2005年10月に150 m²の単棟パイプハウス内に定植)アスパラガス‘UC157’を引き続き供試した。

試験区の構成は、矯正区と対照区(硫酸連用区)の2区制とし、1区は幅1.5m長さ5.75m(8.625 m²)で、各区とも2反復とした。矯正区は2の試験後の土壌化学性は矯正前と大差なく、影響は無いと考え、2の試験と同じ場所を供試した。対照区も引き続き同じ場所を供試した。

試験期間は2012年春芽(定植後7年目)から2014年春芽(定植後9年目)とした。

矯正区の土壌pH矯正に必要な石灰量を緩衝曲線により求めたが、50 kg・a⁻¹以上と大量であったため、本試験では2012~2014年いずれも消石灰20kg・a⁻¹を保温開始前(1月上旬)の堆肥施用時に、もみがら牛ふん堆肥(現物で200kg・a⁻¹)と同時に施用した。施用方法は通路を管理機で軽く耕うんし、そこに堆肥と消石灰を施用した。その後、アスパラガスの畝表面の土壌を株を傷つけない程度に剥いで通路に落

とし、管理機で土壌とよく混和し、畝に戻した。対照区はもみがら牛ふん堆肥(現物で200kg・a⁻¹)のみを施用した。

窒素肥料は2012年、2013年のいずれも基肥は施用せず、4、5、6、7、8、9月に追肥で毎回N-0.83kg・a⁻¹(9月のみN-0.85 kg・a⁻¹)を矯正区は尿素で、対照区は硫酸で施用し、合計N-5kg・a⁻¹とした。リン酸、カリは無施用とした。2014年は春芽のみ調査したため、窒素肥料は施用していない。石灰施用の有無と窒素肥料の違い以外はすべて同じ栽培管理とした。

土壌サンプリングは2012年が夏芽収穫時期を中心に約2週間に1回行い、夏芽収穫期間中の分析値は5月1日~11月5日の間で12回サンプリングし、分析値を平均した。2013年は約1ヶ月に1回土壌サンプリングを行い、夏芽収穫期間中の分析値は4月8日~11月1日の間で7回サンプリングし、分析値を平均した。土壌サンプリング方法及び分析方法は2の試験と同じとした。

収穫は1日1回行い、規格別収量と異常茎収量を調査した。夏芽収穫期間は2012年、2013年とも5月1日~10月31日とした。春芽収穫期間は、2012年は2月18日~4月30日、2013年は2月12日~4月30日、2014年は1月28日~4月8日とした。2014年は別試験のため立茎開始までを春芽収穫期間とした。また、植物体のカルシウム吸収量を確認するために、2013年の夏芽収穫期中に収穫したアスパラガスの若茎に含まれるカルシウム量を湿式灰化法と原子吸光光度法で分析した。

2) 結果及び考察

(1) 土壌 pH の矯正効果

本試験も本来は土壌化学性を統一すべきだが、株への影響を土壌 pH 矯正によるものに限定するため、土壌化学性の調整は行わず、夏芽収穫期間中の平均土壌 pH の変化で効果を確認することとした。

矯正区の土壌 pH は矯正 1 年目の消石灰施用 (2012 年 1 月 13 日) 後に上昇し、春芽収穫中は 4.5~5.5 で推移、5 月上旬に 4.2 に低下した後は 5.5~6.0 の間で推移したが、収穫終了直後に 4.3 に低下したため、2012 年の夏芽収穫期間中の平均土壌 pH は 5.5 となった (図 4, 表 5)。

2 年目の消石灰施用 (2013 年 1 月 9 日) 後も土壌 pH は上昇し、春芽収穫期間中は土壌 pH 7.0 前後で推移し、夏芽収穫期間中は 6.0~7.0 で推移した。2013

年の夏芽収穫期間中の平均土壌 pH は 6.7 まで回復し、土壌 pH は県基準値である pH 6.0-6.5, アスパラガスの適正土壌 pH といわれる pH 5.8-6.1⁶⁾ のいずれもクリアできた (図 5, 表 5)。また、交換性カルシウムも年々増加し、2013 年には石灰苦土比は 3.6, 石灰飽和度も 49.4% まで回復した (表 5)。

対照区の土壌 pH は 1 年目 (2012 年), 2 年目 (2013 年) とともに春芽収穫時に 4.5 前後まで上昇したが、その後立茎中に 3.9 に低下した。夏芽収穫中は 3.5~4.0 で推移し (図 4, 5), 夏芽収穫期間中の平均土壌 pH は 1 年目 (2012 年) 3.8, 2 年目 (2013 年) 3.9 と大きな変化は無かった。矯正前 (2010 年) と比較して、石灰苦土比は 1.4, 石灰飽和度は 6.7% とそれぞれ低下した (表 5)。

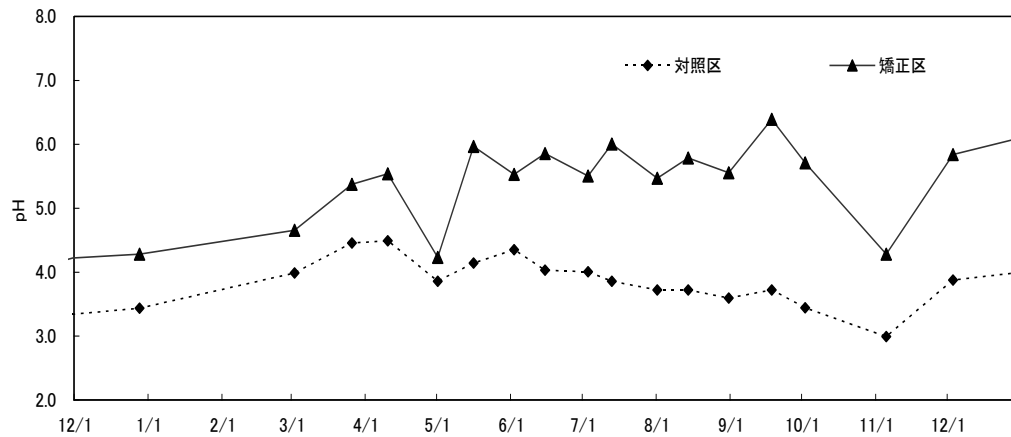


図 4 土壌 pH の推移 (2011 年 12 月 28 日~2012 年 12 月 3 日)

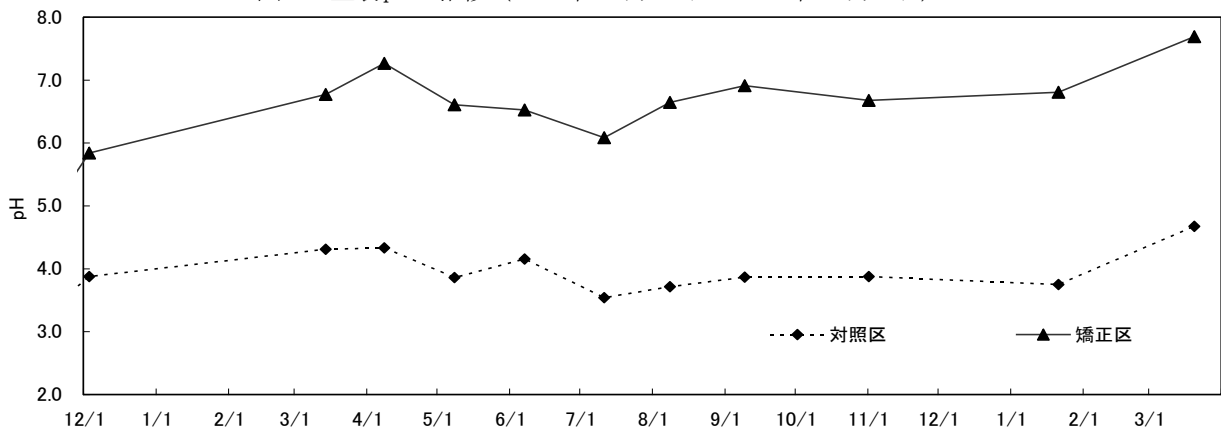


図 5 土壌 pH の推移 (2012 年 12 月 3 日~2014 年 3 月 20 日)

表5 夏芽収穫期間中の土壌化学性の平均値の変化

年	試験区	生土		交換性塩基 (mg/100g乾土)			石灰 苦土比	苦土 カリ比	石灰 飽和度	
		pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	CaO	MgO	K ₂ O	当量比	当量比		
矯正前	2010	矯正区	4.7	0.17	202	74	127	2.0	1.4	18.0%
		対照区	3.9	0.35	97	35	48	2.0	1.7	8.7%
苦土石灰 による方法	2011	矯正区	4.1	0.45	263	114	133	1.7	2.0	23.4%
		対照区	3.6	0.59	75	66	84	0.8	1.8	6.7%
消石灰 による 方法	2012	矯正区	5.5	0.15	449	123	124	2.6	2.3	40.0%
		対照区	3.8	0.29	94	57	78	1.2	1.7	8.3%
	2013	矯正区	6.7	0.16	555	109	118	3.6	2.2	49.4%
		対照区	3.9	0.20	75	39	62	1.4	1.5	6.7%
2010年と2013の差 ^{※1}		矯正区	2.0	-0.01	353	35	-9	1.7	0.8	31.4
		対照区	0.1	-0.15	-22	4	14	-0.6	-0.3	-2.0
長崎県基準 ^{※2}			6.0~6.5		220	30	15-40	4-8	2以上	

※1 交換性塩基の差は小数点以下四捨五入のため一致しない場合あり

※2 長崎県にはアスパラガスの土壌診断基準が無いため、施設土壌の非火山灰土壌の改良基準を適用

※3 サンプルング 2010年 4/16~10/29の間で3回サンプルングした平均値
 2011年 4/22~10/31の間で12回サンプルングした平均値
 2012年 5/1~11/5の間で12回サンプルングした平均値
 2013年 4/8~11/1の間で7回サンプルングした平均値

(2) 夏芽の規格別収量とカルシウム含有量

2012年夏芽の商品収量は矯正区（期間中の平均土壌 pH5.5）が 140.7 kg・a⁻¹で、対照区（同 3.8）94.4 kg・a⁻¹の 149.0%であった。規格別収量では 2Lのみ対照区よりも若干低かったが、L、M、Sはいずれも対照区より高かった（図6）。

2013年夏芽の商品収量は矯正区（期間中の平均土壌 pH6.7）が 213.7 kg・a⁻¹で、対照区（同 3.9）82.1 kg・a⁻¹の 260.3%であり、土壌 pH の矯正に伴い、夏芽の商品収量は 200kg・a⁻¹を超えるまでに回復した。規格別収量では、全ての規格が対照区より高くなり、土壌 pH の矯正により、ある規格だけが極端に減収することは無かった（図6）。

施用した石灰資材をアスパラガスが吸収しているか確認するため、夏芽の若茎中のカルシウム含有量を毎月 1 回分析した。2013 年の 1 年だけの結果であるが、月によって含有量に違いがあるものの、いずれの月も矯正区のほうが高く、植物体に多く吸収されていることが示唆された（図7）。

また、マグネシウム、カリウム、ナトリウムについても調査したが、両区で一定の傾向は見られなかった（データ省略）。

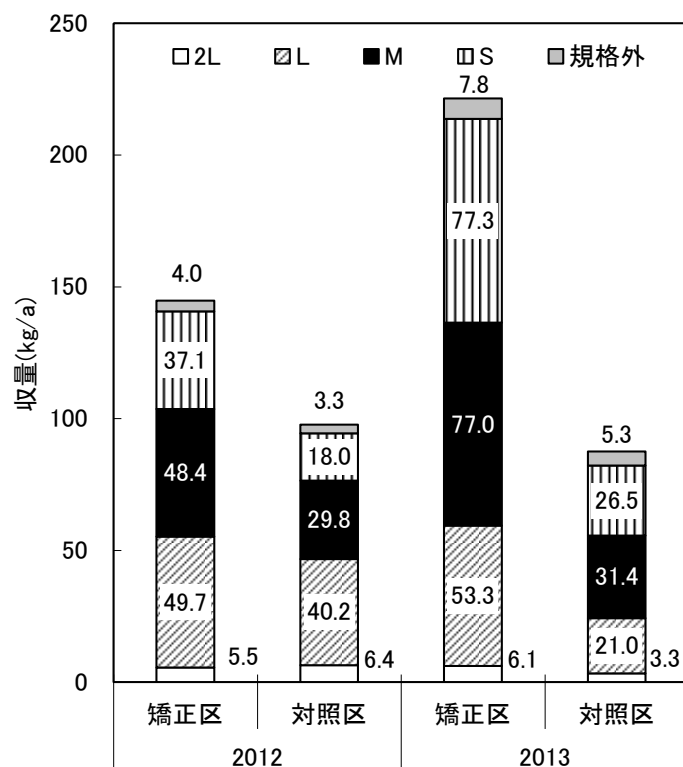


図6 夏芽の規格別収量

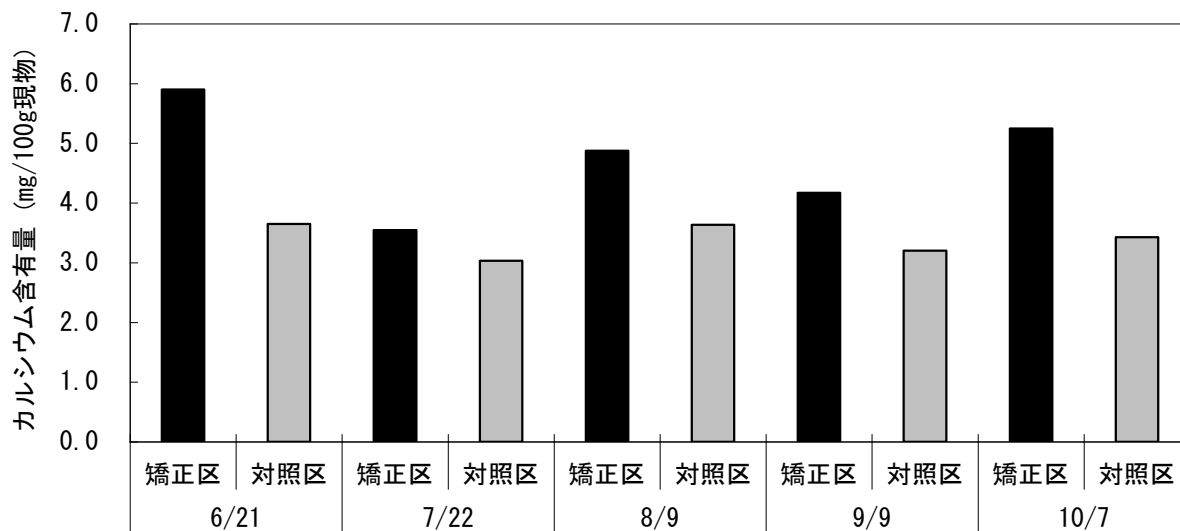


図7 アスパラガスの若茎中のカルシウム含有量 (2013年)

(3) 春芽の規格別収量と異常茎の発生割合

堆肥と同時に大量の石灰資材を施用し、その後保温のためにハウスを閉めきるため、アンモニアガスによる悪影響がないか、春芽の収量及び春芽の異常茎の発

生割合を調査した。

消石灰による矯正を開始した2012年春芽の商品収量は、矯正区が75.2 kg・a⁻¹で対照区 (79.7 kg・a⁻¹) の94.4%とほぼ同程度であった (図8)。2013

年春芽の商品収量は矯正区が112.0 kg・a⁻¹で対照区 (77.3kg・a⁻¹) の144.9%, 2014年春芽の商品収量は矯正区が79.9 kg・a⁻¹で対照区 (57.2 kg・a⁻¹) の139.7%であり (図8), 矯正開始初年目, 2年目, 3年目とも矯正区の収量は対照区と同等かそれ以上であり, 極端な春芽の収量低下はなかった.

異常茎収量 (開き, 曲がりも含む) は矯正区に特徴的なものはなく, 対照区と比較しても一定の傾向は見られなかった. また, 異常茎割合は矯正

区の方がいずれの年も約3.4~4.3ポイント低かった (表6) .

土壌pH矯正のために保温開始前 (1月上旬) の堆肥施用 (現物で200kg・a⁻¹) 時に, 消石灰20 kg・a⁻¹を同時に施用しても, 春芽の収量は対照区よりも高く, 異常茎の発生割合も対照区より低く, 懸念していたアンモニアガスによる収量への悪影響は無かった.

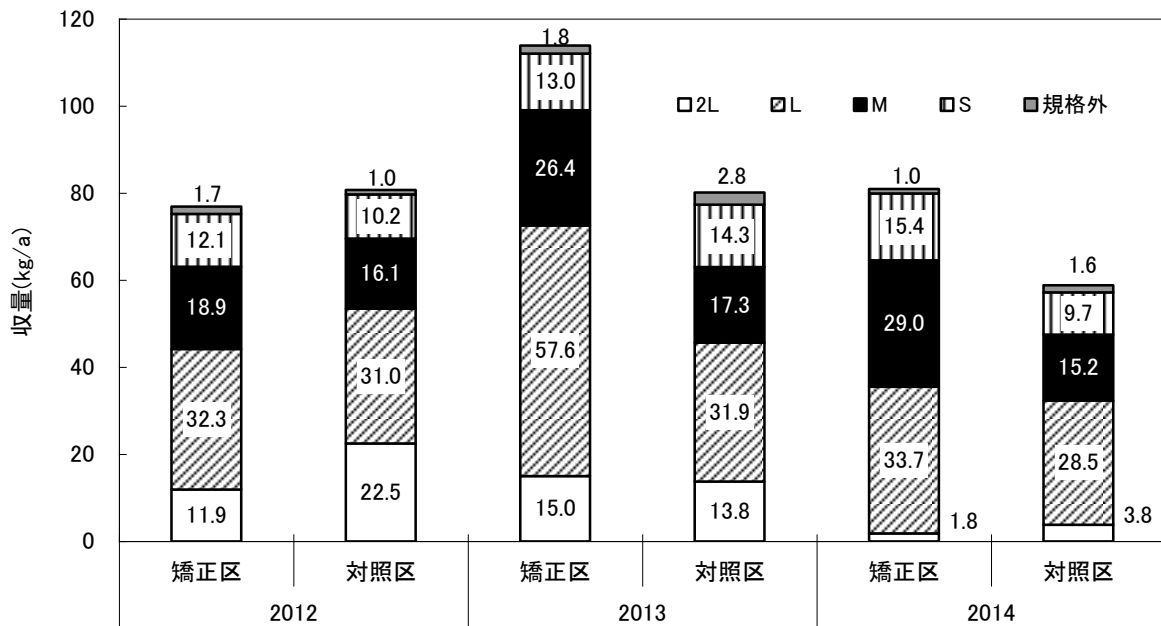


図8 春芽の規格別収量

表6 異常茎収量と異常茎割合

		異常茎収量 (kg/a)							総収量 (kg/a)	異常茎割合 ^{z)}	
		開	曲	腐	奇形	扁平	その他	計			
春芽	2012	矯正区	2.0	1.4	0.0	0.1	0.0	0.3	3.8	80.8	4.7%
		対照区	3.0	3.6	0.4	0.2	0.4	0.4	7.9	88.6	8.9%
	2013	矯正区	4.2	3.2	0.1	0.1	0.3	0.9	8.8	124.1	7.1%
		対照区	4.0	2.7	0.4	0.6	0.4	1.4	9.4	90.6	10.4%
	2014	矯正区	6.1	1.7	0.0	0.3	0.0	1.0	9.1	90.6	10.0%
		対照区	4.1	2.9	0.0	0.8	0.5	1.6	9.9	69.0	14.3%

※ z) 異常茎収量/総収量

※ 合計は小数点第1位以下四捨五入のため一致しない場合あり

4. 硝酸カルシウムを用いた施肥同時施用による方法

2及び3の試験では、いずれも散布作業が新たに必要となる。そこで、窒素成分と石灰成分の両方を含む硝酸カルシウムでの施肥同時矯正を検討した。追肥は通常畝上の土壌表面に施用するが、2の試験では苦土石灰による畝上の土壌表面からの土壌 pH の矯正は困難であると結論づけた。しかし、硝酸カルシウムのカルシウム成分は水溶性であり、水の移動により下層へ移動するため、土壌表面施用でも土壌 pH 矯正が可能であると考えた。

1) 材料及び方法

2及び3の試験で供試したアスパラガス‘UC157’（2005年10月に150 m²の単棟パイプハウス内に定植）を供試した。

試験区の構成は硝酸カルシウム区と対照区（硫安連用区）の2区制とし、1区は幅1.5m長さ5.75m（8.625 m²）で、各区とも2反復とした。試験期間は2012年夏芽（定植後7年目）から2014年春芽（定植後9年目）とした。

施用する硝酸カルシウムの量は窒素施肥量により決まるため、 $N-5\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ となるよう硝酸カルシウム（ $N-14\%$ ）を $35,7\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 施用した。2012、2013年とも基肥は施用せず、4、5、6、7、8、9月に追肥で毎回 $N-0.83\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ （9月のみ $N-0.85\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ ）を硝酸カルシウム区は硝酸カルシウムで、対照区は硫安でそれぞれ畝上の土壌表面に施用し、合計 $N-5\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ とし、リン酸、カリは無施用とした。また2012～2014年いずれの年も、保温開始前（1月上旬）に堆肥（もみがら牛ふん堆肥）を現物で $200\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ 施用した。

土壌サンプリングは2012年が約2週間に1回、2013年は約1ヵ月に1回行い、夏芽収穫期間中の分析値は2012年が5月1日～11月5日の間で12回サンプリングし分析値を平均した。2013年は4月8日～11月1日の間で7回サンプリングし分析値を平均した。土壌サンプリング方法及び分析方法は2の試験と同じとした。

収穫は1日1回行い、規格別収量を調査した。夏芽収穫期間は2012年、2013年ともに5月1日～10月31日、春芽収穫期間は2013年が2月12日～4月30日、2014年は1月28日～4月8日とした。2014年は別試験のため立茎開始までを春芽収穫期間とした。

2) 結果及び考察

(1) 土壌 pH の矯正効果

本来は土壌化学性を統一すべきだが、株への影響を土壌 pH 矯正によるものに限定するため、土壌化学性の調整は行わず、夏芽収穫期間中の平均土壌 pH の変化で効果を確認することとした。

硝酸カルシウム区の夏芽収穫期間中の土壌 pH は矯正前（2011年）が4.1であったが、矯正1年目（2012年）に4.7となり、2年目（2013年）には5.5まで矯正できた。交換性カルシウムも増加し、石灰飽和度が9.2%から29.7%まで回復した。一方、対照区の夏芽収穫期間中の土壌 pH は矯正前（2011年）が3.6、2年目（2013年）は3.9であり、交換性カルシウムや石灰飽和度も大きな変化は無かった（表7）。硝酸カルシウムによる土壌 pH の矯正効果は確認できたが、石灰量が施用する

窒素量により制限されるため、適性 pH 値への矯正

には長期的な施用が必要であると考えられた。

表7 土壌化学性の変化

年	試験区	生土		交換性塩基 (mg/100g乾土)			石灰 苦土比	苦土 カリ比	石灰 飽和度
		pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	CaO	MgO	K ₂ O	当量比	当量比	
2011 (矯正前)	硝酸カルシウム区	4.1	0.3	104	18	161	4.2	0.3	9.2%
	対照区	3.6	0.6	75	66	84	0.8	1.8	6.7%
2012	硝酸カルシウム区	4.7	0.2	267	82	118	2.3	1.6	23.8%
	対照区	3.8	0.3	94	57	78	1.2	1.7	8.3%
2013	硝酸カルシウム区	5.5	0.1	333	71	89	3.4	1.9	29.7%
	対照区	3.9	0.2	75	39	62	1.4	1.5	6.7%
2011年と 2013の差 ^{※1}	硝酸カルシウム区	1.4	-0.2	230	53	-72	-0.8	1.6	20.5
	対照区	0.4	-0.4	0	-27	-23	0.6	-0.4	0.0
長崎県基準 ^{※2}		6.0~6.5		220	30	15-40	4-8	2以上	

※1 交換性塩基の差は小数点以下四捨五入のため一致しない場合あり

※2 長崎県にはアスパラガスの土壌診断基準が無いいため、施設土壌の非火山灰土壌の改良基準を適用

(2) 夏芽の規格別収量と春芽への影響

硝酸カルシウム区の夏芽の商品収量は1年目(2012年)が135.6 kg・a⁻¹で対照区(94.4 kg・a⁻¹)の143.6%。2年目(2013年)は180.1 kg・a⁻¹で対照区(82.1 kg・a⁻¹)の219.4%であった。アスパラガスの適正土壌 pH (5.8~6.1) に矯正されるにつれて収量は高くなり(図9)、硝酸カルシウムでも土壌 pH 矯正効果および夏芽の収量回復が確認できた。

また、硝酸カルシウム施用後の春芽は硝酸カルシウム区の商品収量が1年目(2013年)は105.2 kg・a⁻¹で対照区(77.3 kg・a⁻¹)の136.1%。2年目(2014年)は83.4 kg・a⁻¹で対照区(57.2 kg・a⁻¹)の145.8%であり、対照区を下回ることは無く、春芽の収量改善につながった(図10)。

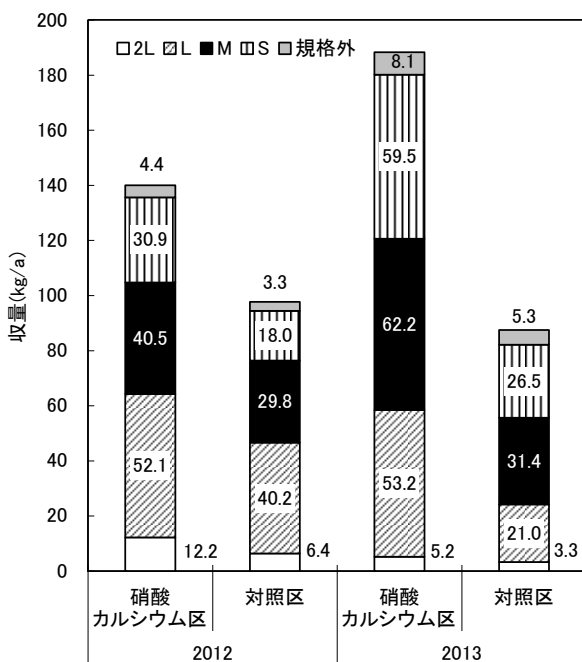


図9 夏芽の規格別収量 (2012年, 2013年)

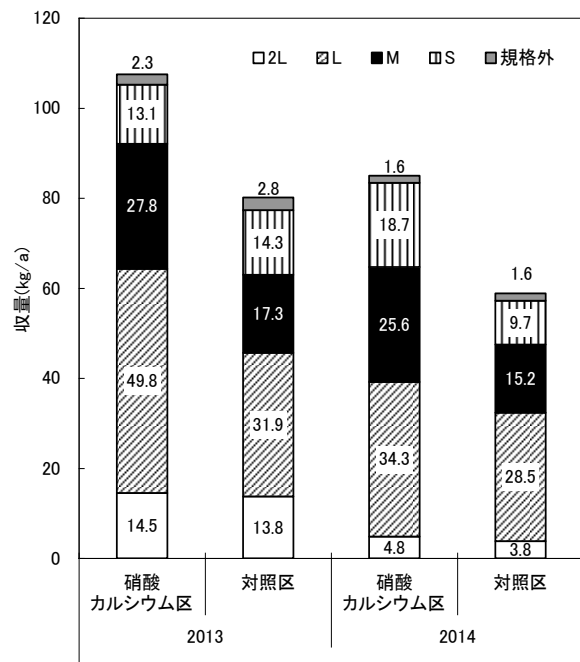


図10 春芽の規格別収量 (2013年, 2014年)

5. 土壌 pH 矯正方法に要するコスト試算

異なる3つの方法で土壌 pH の矯正方法を検討したが、そのコストについて試算を行った。pH 矯正資材及び追肥の施用に要する労力等は試算に含まず、実際に使用した物材費（窒素肥料+石灰資材のみ）での試算とした。

苦土石灰と硫酸による方法の物材費は2,770 円・a⁻¹であるが、土壌 pH の矯正効果は低く、収量は対照区と変わらなかった（表8, 図11）。

消石灰と尿素による方法の物材費は2,023 円・a⁻¹であり、土壌 pH の矯正効果も高く、収量も矯正開始後2年で300kg・a⁻¹を超えた。散布作業が必

要ではあるが、堆肥施用時に施用できることから、有効であると考えられた（表8, 図11）。

硝酸カルシウムによる方法の物材費は6,957 円・a⁻¹であり、3つの方法の中で最も高かった。硝酸カルシウムには窒素とカルシウムが含まれており、施用石灰量は施用窒素量により制限されるため、短期間での矯正効果は期待できないが、施用とともに収量は回復し、石灰資材と窒素肥料を同時に施用できる点がメリットであると考えられた（表8, 図11）。

表8 コスト試算

	窒素肥料				石灰資材			合計 円/a		
	単価※ 円/袋(20kg)	窒素成分 %	窒素施肥量 kg/a	現物投入量 kg/a	価格 円/a	単価※ 円/袋(20kg)	現物投入量 kg/a		価格 円/a	
硫酸 ^Z	1,082	21%	5	24	1,288	苦土石灰 ^Z	494	60	1482	2,770
尿素 ^Y	1,964	46%	5	11	1,067	消石灰 ^Y	956	20	956	2,023
硝酸カルシウム ^X	3,896	14%	5	36	6,957	-	-	-	-	6,957

Z:2011年矯正区(苦土石灰による方法)

Y:2012-2013矯正区(消石灰による方法)

X:2012-2013硝酸カルシウム区

※価格は試験当時の価格

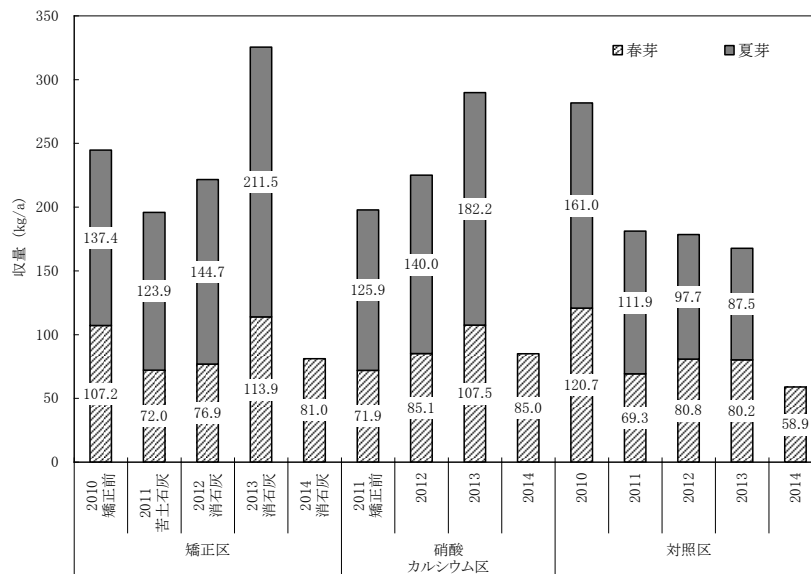


図11 各区の春芽・夏芽の収量
(矯正区2011年は苦土石灰 2012-2014年は消石灰)

6. 総合考察

諫早湾干拓地では露地野菜や飼料作物のほか、トマトをはじめ様々な施設園芸品目が栽培されている。アスパラガスは2015年12月時点で、まだ1経営体で約50aの栽培にすぎないが、作業が天候に左右されにくく、収穫期間が長いことから、安定した周年雇用につながり、今後、経営の柱になりうる品目として有望である。

またアスパラガスは長崎県における主要な施設野菜であり、県内全域で栽培されているが、収量の低下が問題となっており、その対策を検討している状況にある。アスパラガスの収量低下の要因は、気象、土壌化学性、病害虫の発生、株の老化、立茎のタイミング等の栽培管理など多岐に渡り、永年性であることから、前年の栽培管理の内容が翌年の収量に影響を及ぼすため、要因の特定が非常に困難である。本試験の対照区(硫安連用区)のように土壌pHが4.0以下に低下した圃場では収量の低下が見られており、また現地調査において、低収圃場の傾向としてpHが低いとの報告⁷⁾からも、多岐に渡る要因を特定するためには、まず土壌化学性の適正化が必要であると考える。

今回の土壌pH低下の要因は分析の結果、交換性のカルシウムの欠乏が主な要因と考えられたため、試験では、①立茎中に苦土石灰を土壌表面に施用する方法、②保温開始前に消石灰を土壌混和する方法、③硝酸カルシウムを用いた施肥同時施用による方法、の3つの矯正方法を検討した。その結果、土壌pHの矯正効果、収量回復効果及びコスト面から、春芽の保温開始前の堆肥施用時(1月上旬)に消石灰20kg・

a⁻¹施用し土壌と混和させる方法が最も効果的であると考えられた。

①の方法は根焼けやアンモニアガスの発生を避けるため、石灰資材も施用方法も土壌やアスパラガスに影響の少ない方法を選択したが、予想以上に土壌pHの矯正効果は無く、収量も対照区と大差なかった。

そこでアンモニアガスの発生や、土壌の急激なアルカリ化によるアスパラガスの根や鱗芽群への影響が懸念される②の方法を検討した。根や鱗芽群への影響を確認するため、春芽収量及び異常茎の発生割合を調査した。土壌との混和ができるのは保温開始前の牛ふん堆肥施用時であり、この方法を2年継続することで、土壌pHは約2.0矯正され、土壌中の交換性カルシウムや石灰飽和度は大きく改善し、夏芽の収量も213.7kg・a⁻¹に回復した。また、春芽において懸念された施用後のアンモニアガス発生による異常茎の発生や減収などへの影響は無く、春芽の収量は対照区よりも高くなり、年間収量は325kg・a⁻¹まで回復した。矯正に要する物材費(窒素肥料+石灰資材)も最も低く、堆肥施用と同時に施用できるため、作業的にもコスト的にも効果的、効率的な矯正方法であると考えられた。

③の硝酸カルシウムは施肥と同時に土壌pH矯正ができるため、保温開始前の堆肥施用時以外でも、追肥時期に矯正を開始できるが、施用する石灰量が施用する窒素量により制限されるため、pH矯正に必要な石灰量を投入することはできず、短期間での矯正には適さない。しかし、水に溶けやすいため、土壌表面からの施用でも土壌pHは2年間で約1.4矯正さ

れ、土壌中の交換性カルシウムや石灰飽和度も改善し、夏芽の収量は $180.1 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ まで回復した。また、春芽の収量も対照区よりも高く、年間収量は $290 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ まで回復した。ただし、矯正に要するコストは最も高く、潮解性を有するため、散布作業や保存には注意が必要である。

石灰資材の施用量は緩衝曲線による算出が必要である。様々な土壌が分布する本県においては、代表的な土壌ごとに緩衝曲線を作成しておくか、アレニウス表を活用することで、各土壌に応じた施用量が容易に算出できる。

本研究の試験圃場では、交換性カルシウムの欠乏による土壌pHの低下が収量低下の要因であるという想定の中、土壌pH矯正方法の試験に取り組み、土壌pHの矯正により収量が回復することを明らかにしたが、アスパラガスの収量低下の要因は様々であるため、土壌pHの矯正のみで収量が回復するとは限らない。しかしながら、土壌化学性が適正な圃場であることが収量低下の要因を把握するため第一歩であり、その上で圃場ごとの要因を特定することが、収量回復に繋がると考えることから、本研究の成果がその第一歩となることを期待する。

7. 摘要

諫早湾干拓地の半促成長期どりアスパラガスにおける土壌 pH の矯正方法を検討するとともに土壌 pH の矯正がアスパラガスの収量に及ぼす影響を調査した。

- 1) 適正土壌 pH に矯正されるにつれてアスパラガスの収量は回復する。
- 2) 土壌 pH の矯正は、保温開始前の牛ふん堆肥施用時に、消石灰を土壌と混和させ施用する方法が効果的である。

3) 堆肥 $200 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ と消石灰 $20 \text{ kg} \cdot \text{a}^{-1}$ を保温開始前に同時に土壌混和し施用しても、春芽における異常茎の発生や減収などの影響は無い。

4) 硝酸カルシウムの施用は、消石灰を土壌に混和する方法に比べると、その効果はやや低くコストも高いが、追肥時期であればいつでも、土壌 pH 矯正と施肥が同時にできる。

8. 引用文献

- 1) 小林雅昭, 新須利則: アスパラガスの雨除け栽培技術の確立, 長崎総農試研報, 18:117-145, (1990)
- 2) 諫早湾干拓営農技術対策の指針, 長崎県, 14-21 (2008)
- 3) 小林雅昭; 諫早湾干拓地における施設アスパラガスの栽培適応性と施肥体系. ながさき普及技術情報, 第27号, 29 (2007)
- 4) 井上勝広; 半促成長期どりアスパラガスの養分動態. 長崎総農試研報, 23: 31-44 (1996)
- 5) 日本土壌協会: 土壌, 水質及び植物体分析法 (2005)
- 6) 川城英夫編: 新野菜つくりの実際 (軟化・芽物), 農文協: 21 (2001)
- 7) 井上勝広; アスパラガス多収生産のための土壌診断指標. 第78回九州沖縄農業研究発表会専門部会発表要旨集, 48 (2015)

Summary

We investigated methods of correcting soil pH in semi-forcing green asparagus cultivation at Reclaimed Land of Isahaya Bay (Eutric Fluvisols), and their effects on spear yield and quality.

- 1) As soil pH got closer to proper value, yield of asparagus spears increased.
- 2) The most effective method to correct soil pH is to mix slaked lime into soil at the time of manure spreading before thermal insulation start.
- 3) Even if 200kg manure and 20kg slaked lime were put into one are field at the same time, there is no adverse effect, such as increase of abnormal spears and reduction of yield in spring.
- 4) Calcium nitrate was less effective for correcting soil pH, and is more expensive than slaked lime. But calcium nitrate can do correcting soil pH and fertilizing at the same time, and can be put into at any time within the fertilizing season.