

半促成イチゴの収量におよぼす 無機質窒素肥料の影響

羽生 愧・小川 昭夫

1. 緒 言

栃木県におけるイチゴの栽培は、近年急速に盛んになり、全国有数の栽培面積販売高を誇るまでに進展した。しかし最近になって、とくにハウス・ビニールトンネル利用の半促成栽培では、収量の頭打ち、品質の低下が問題になり、その原因のひとつとして過剰施肥が指摘されている。たしかに半促成イチゴにたいする施肥量は、栃木県では連年増加する傾向にあり、無機質肥料の多肥が、塩類による濃度障害を惹起し、果実の収量減や品質低下の原因になっていることが想定される。半促成イチゴは露地栽培のそ菜に比較し生育環境が著しく異なるため、濃度障害が発現しやすく、したがって過剰施肥の影響が端的に現われるものである。

筆者らは、これらの点について解明するため、1964年以來3ケ年にわたり、半促成イチゴにたいする窒素質肥料肥効比較試験および施肥量査定試験を行い、とくに障害を起しやすい無機質窒素肥料の種類・施肥量がイチゴの生育・収量におよぼす影響について調べ、若干の成果を得たので以下報告する。

2. 窒素質肥料の種類とイチゴの生育・収量について

(1) 試験方法

黒色火山灰水田土壌において、各種窒素質肥料の肥効差をみるため、1964年から67年の間にわたり、鹿沼市榆木町で試験を行った。試験地の土壌は、表層36cmまでは黒色のCL、全炭素5~6%、置換容量24m.e、磷酸吸収係数2,000以上であり、下層は関東ローム層に接続する典型的な黒色火山灰土壌である。品種はダナー、栽植密度は3.3m²あたり21株とし、植床と通路の割合は10対8とした。栽培様式はビニールトンネル式、施肥・定植は10月中旬（施肥1週間後に定植）、ビニールマルチ（白）は1月上旬に行い、保温は1月中旬に開始した。試験区の内容は、無窒素・硫安・塩安・尿素・石灰窒素・硝酸性複合（磷硝安加里1号、N:15、P₂O₅:15、K₂O:12を供試）の各区を設け、窒素（N） 磷酸（P₂O₅）・加里（K₂O）おのおの25kg/10aを施用した。（この施肥量の表示は、通路を含

めた圃場全面積あたりの施肥量であり、植床にたいする実際の施肥量は、この表示量の1.8倍になるわけである。） 磷酸は過磷酸石灰（20%）、加里は硫酸加里（50%）を用い、硝酸性複合区の加里は補正しなかった（20kg/10a施用）。施肥方法は、全量基肥とし、植床全面に全層施用した。灌水は主として畦間灌漑方式をとった。

(2) 試験結果

10月中旬定植後間もなく、塩安区に枯死株が生じた（多い年次には約15%）ので、これを抜取り植え換えた。定植後から保温開始までの生育は、季節的な乾燥と寒冷のため、各区間に差がみられ、塩安区・石灰窒素区・無窒素区は他区に比較し葉縁の枯れ上りが多かった。とくに塩安区が甚だしく、枯れ上った葉縁の内側に赤褐色斑が現われた。この徴候は塩安区の場合は塩類による濃度障害と考えられ、石灰窒素区の場合は無窒素区と同様であることから考えると、恐らく窒素の遅効性に原因があるものと思われた。硫安区・尿素区・硝酸性複合区の間には差はみられなかった。

保温を開始すると、各区とも急速に生育が伸長し始めるが、とくに石灰窒素区が最も著しく、次いで硝酸性複合区・尿素区がよく、硫安区はやや劣り、塩安区が最も悪かった。また無窒素区の生育も旺盛になり、繁茂は硫安区にほぼ匹敵した生育量を示したが、葉色はやや淡緑であった。

開花始期は、石灰窒素区・硝酸性複合区・尿素区・無窒素区が、他区に比較し僅かながら早くなる傾向がみられた。また石灰窒素区は殺草効果が大きく、他区が3回除草したのにたいし、マルチの際1回除草したのみで十分であった。

第1表は収量調査の成績である。この結果によると、肥料の種類によって果実収量に差がみられ、累計果実収量では、石灰窒素区(110)・硝酸性複合区(105)が高く、尿素区(100)・硫安区(100)がこれに次ぎ、塩安区(91)が最も低かった。さらにこれを収益性の高い収穫早期、すなわち3月下旬から4月上旬にかけての収量でみると、石灰窒素区(4月上旬の指数、139)・硝酸性複合区(前記同、129)・尿素区(123)

第1表 肥効比較試験収量調査成績 (kg/10a)

区名	果 実 重					累 計	生 茎 葉 重
	3 月	4月上旬	4月中旬	4月下旬	5 月		
無窒素	156 (96)	327 (103)	386 (94)	426 (82)	490 (79)	1,785 (88)	522 (82)
硫安	163 (100)	319 (100)	412 (100)	517 (100)	624 (100)	2,035 (100)	640 (100)
塩安	156 (96)	327 (103)	381 (93)	485 (94)	500 (80)	1,849 (91)	622 (97)
尿素	182 (112)	392 (123)	407 (99)	542 (105)	522 (84)	2,045 (100)	611 (95)
石灰窒素	268 (164)	442 (139)	423 (103)	500 (97)	596 (96)	2,229 (110)	697 (109)
硝酸性複合	244 (150)	410 (129)	399 (97)	501 (97)	582 (93)	2,136 (105)	682 (107)

注・()内の数値は各期間の硫安区の収量を100とした場合の指数

が高く、硫安区(100)・塩安区(103)は著しく低かった。なお無窒素区は、早期収量、累計収量とも塩安区と大差がなかった。

第2表は、この試験地土壌のPH (KCl)・NO₃-N

・土壌溶液の電導度の時期別変化を調べた成績である。土壌は各調査期日ごとに株間から採取した。この結果をみると、

第2表 試験地土壌のPH NO₃-N・電導度の時期別変化

区名	単 位 (cm)	PH (KCl)			NO ₃ -N			電 導 度		
		10月下旬	12月中旬	5月下旬	10月下旬	12月中旬	5月下旬	10月下旬	12月中旬	5月下旬
無窒素	0~7	5.2	5.3	5.2	0.6	1.5	1.6	0.74	0.57	0.39
	7~15	5.5	5.6	5.3	0.3	2.1	1.0	0.42	0.27	0.20
硫安	0~7	4.8	5.8	4.4	15.0	40.1	15.4	1.88	1.21	0.74
	7~15	4.7	5.7	4.7	23.4	12.7	0.6	1.28	0.52	0.30
塩安	0~7	5.0	5.5	4.5	9.3	29.5	16.5	1.71	1.06	0.64
	7~15	4.9	5.4	4.6	15.8	10.7	4.1	1.59	0.47	0.25
尿素	0~7	4.9	5.7	4.8	30.8	48.4	20.8	1.40	0.99	0.52
	7~15	4.9	5.6	4.8	33.2	14.7	1.2	0.96	0.48	0.36
石灰窒素	0~7	6.4	5.6	5.8	0.4	3.6	23.1	0.87	0.51	0.54
	7~15	5.9	5.5	5.5	0.5	7.3	8.6	0.70	0.35	0.31
硝酸性複合	0~7	5.0	5.5	4.6	38.2	45.6	31.3	0.88	0.66	0.61
	7~15	5.0	5.1	4.8	32.4	10.5	10.0	0.67	0.22	0.20

注・NO₃-Nは乾土100g中のNmg。電導度はmV/cm。

PH (KCl) は、石灰窒素区が高いが、他区はいずれも低く、しかも区間の差はみられなかった。硝化作用の速度は、尿素区・硫安区・塩安区・石灰窒素区の順に大であった。またNO₃-Nの含量を層位別にみると、乾燥期に入った12月中旬、マルチ・保温開始後の5月下旬、いずれの時期においても第2層(7~15cm)よりも第1層(0~7cm)に多く、たび重なる灌水(この試験の場合は畦間灌水)によっても、NO₃-Nの流亡は、比較的少ないものと思われた。

土壌の電導度の測定は、関東ハウス土壌研究グループの申し合せによる方法に拠った。すなわち、生土を

用い乾土1にたいし添加水量5(重量)の浸出液について測定した。

電導度は全生育期間をつうじ、硫安区・塩安区が高く、尿素区がこれに次ぎ、石灰窒素区・硝酸性複合区が最も低かった(後期は尿素区が最も低い)。これを、生育障害と密接な関係があると考えられる施肥3週間後の第1層の電導度でみると、硫安区、1.88mV・塩安区1.71mV・尿素区、1.40mV・石灰窒素区、0.87mV・硝酸性複合区、0.66mVを示し、この数値は果実収量、とくに早期収量と明らかな相関が認められた。

第3表は、施肥3週間後の電導度測定液中のカチ

第3表 電導度測定液中のカチオン・アニオンの量(乾土100g中m.e.)

区名	層位 (cm)	Ca	Mg	K	NO ₃	Cl	電導度
無窒素	0~7	2.27	0.82	0.74	0.19	0.13	0.74
	7~15	1.22	0.58	0.34	2.44	0.10	0.42
硫安	0~7	8.00	1.60	0.85	4.25	0.12	1.88
	7~15	5.10	1.59	0.54	3.36	0.13	1.28
塩安	0~7	6.06	1.42	0.68	3.88	1.68	1.71
	7~15	4.98	1.64	0.49	3.14	2.11	1.59
尿素	0~7	5.00	1.28	0.79	4.80	0.09	1.40
	7~15	3.23	1.11	0.46	3.40	0.10	0.96
石灰窒素	0~7	1.74	0.52	0.72	0.29	0.11	0.87
	7~15	1.91	0.63	0.38	1.39	0.13	0.70
硝酸性複合	0~7	2.17	1.04	0.52	3.90	0.06	0.88
	7~15	1.72	0.81	0.34	2.92	0.09	0.67

オンおよびアニオンについて調べた成績である。この結果によると、Ca・Mgは硫安区・塩安区・尿素区がこの順に多く、硝酸性複合区がこれに次いでいた。石灰窒素区はCaの施用量が他区に比較し多いにもかかわらず、溶出量が明らかに少なかった。NO₃は尿素区・硫安区が多く、硝酸性複合区・塩安区がこれに次ぎ、石灰窒素区が明らかに少なかった。Clは当然のことであるが塩安区に多く、またここでは測定しなかったが、SO₄も硫安区が最も多いものと思われた。

3. 窒素の施肥量とイチゴの生育・収量について

(1) 試験方法

土壌の種類を異にした場合、半促成イチゴにたいする無機質肥料の施肥量が、イチゴの生育・収量におよぼす影響について調べるため、1966年度栃木県鹿沼市・今市市に試験地を設け施肥量査定試験を行った。

試験地および試験区の内容は第4表のとおりである。供試品種はダナー、施肥は10月上旬、定植は10月中旬(施肥9日後定植)、マルチ・保温開始は1月中旬(試験地により1、2日の差あり)に行つた。灌水は、黒色火山灰・上日向試験地、塩野室試験地はチューブ灌水、礫層・上日向試験地は畦間灌漑方式をとつた。

第4表 施肥量査定試験試験内容(10aあたり)

土壌 類型別	試験場所	栽培 様式	栽植 株数	植床対 通路比	区名	施肥量(成分kg)			堆肥 (ton)
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
黒色火山灰	鹿沼市上日向	トンネル	8,000	10:8	多肥 少肥	30.0 15.0	28.2 14.1	26.2 13.1	1
	今市市塩野室	ハウス	6,400	10:7.5	多肥 少肥	30.0 15.0	34.6 17.3	25.7 12.8	
礫層	鹿沼市上日向	トンネル	6,300	10:10	多肥 少肥	30.0 15.0	30.0 15.0	28.1 14.0	2.5

注、供試肥料：黒色火山灰上日向試験地は有機そ菜2号(N:11, P₂O₅:10, K₂O:10, 有機態窒素は全窒素中の1%)、燐硝カリ1号を、その他の試験地は複合燐加安42号、燐硝安カリ1号を供試。有機そ菜2号および複合燐加安と燐硝安カリとの施用割合はN成分にて2対1。全量基肥、植床に全層施用する。

これらの試験地土壌は、黒色火山灰・上日向は、表層47cmまで黒色のL、全炭素4~5%、置換容量26m.e、燐酸吸収係数1,500を示し、下層は関東ローム層に接続する土壌であり、塩野室は表層50cmまでは黒色のL~SL、全炭素6%、置換容量20~24m.e、燐酸吸収係数2,400を示し、下層は砂層に接続する土壌である。礫層・上日向は表層17cmまでは灰褐色のSL、置換容

量12.me、燐酸吸収係数590を示し、下層は砂礫層となる土壌である。

(2) 試験結果

第5表は各試験地の生育調査成績であるが、この結果をみると、いずれの試験地においても、多肥区(N.30kg/10a)は少肥区(N.15kg/10a)に比較し、収穫初期までは生育が悪く、それ以後気温が上昇する頃

第5表 施肥適量試験生育調査成績(株あたり)

土 壤 類 型	試 験 地	区 別	葉 数 (枚)			株 の 高 さ (cm)			株 の ひ ろ が り (直 径 cm)		
			1月10日	2月 4日	3月23日	1月10日	2月 4日	3月23日	1月10日	2月 4日	3月23日
黒色火 山 灰	鹿沼市 上日向	多 肥	4.2	9.7	15.2	3.1	13.3	10.7	13.8	23.5	27.5
		少 肥	4.5	10.2	14.9	3.4	14.2	11.7	14.7	24.1	28.8
礫 層	鹿沼市 上日向	多 肥	5.8	10.5	15.5	6.4	11.9	26.3	12.3	22.6	32.7
		少 肥	6.4	11.0	15.0	6.2	14.9	18.5	12.4	23.4	31.2

になってやや回復する傾向があった。

第6表は各試験地の収穫果数調査, 第7表は収量調査の成績である。いずれの試験地においても, 多肥区に比較し少肥区の方が, 収穫の全期間にわたって収穫果数・果実重が増加しており, とくに重要視すべきことは, 前記試験の石灰窒素区・硝酸性複合区の場合と同様, 少肥区が収穫早期の収量が著しく増大していることである。そしてさらに多肥区の収穫時期別の収量の推移をみると, 前記試験の硫酸区・塩安区の場合と明らかに相似していた。

第8表は, 各試験地土壌のPH (KCl)・NO₃-N・

電導度の変化を調べた成績である。測定方法は前記試験の場合と同じ方法を用いた。

この結果によると, いずれの土壌においても, 多肥区に比較し少肥区の方がPH (KCl) がやや高く, 電導度が低かった。また層別別のNO₃-N含量は, 前出第3表の場合と同様, 第2層(5~15cm)よりも第1層(0~5cm)に多かった。礫層・上日向の場合, 黒色火山灰に比較し, NO₃-Nの含量が著しく少ないが, これは礫層・上日向が畦間灌漑方式をとったため, 灌水による流亡が助長されたためと思われる。

第6表 施肥量査定試験収穫果数調査成績(10m²当個)

土 壤 類 型 別	試 験 地	区 別	調 査 期 間					累 計
			3 月	4月上旬	4月中旬	4月下旬	5・6月	
黒色火山灰	今市市塩野室	多 肥	232	334	262	413	647	1,888
		少 肥	291 (125)	351 (105)	357 (136)	473 (115)	770 (119)	2,242 (119)
礫 層	鹿沼市上日向	多 肥	0	48	188	329	792	1,357
		少 肥	4	110 (229)	254 (135)	436 (133)	794 (100)	1,598 (118)

注・少肥区の()内は各期間の多肥区を100とした場合の指数。

第7表 施肥量査定試験収量調査成績(kg/10a)

土 壤 類 型 別	試 験 地	区 別	果 実 重					生 茎 葉 重	
			3 月	4月上旬	4月中旬	4月下旬	5・6月		
黒色火山灰	鹿沼市上日向	多 肥	50	332	351	607	403	1,743	546
		少 肥	155 (310)	453 (136)	424 (121)	713 (117)	461 (114)	2,206 (127)	554 (101)
	今市市塩野室	多 肥	297	309	193	374	727	1,900	1,171
		少 肥	321 (108)	303 (98)	311 (161)	471 (126)	822 (113)	2,228 (117)	1,056 (90)
礫 層	鹿沼市上日向	多 肥	0	79	252	358	752	1,441	701
		少 肥	6	157 (199)	304 (121)	468 (131)	697 (93)	1,632 (113)	663 (95)

注・少肥区の()内は各期間の多肥区を100とした場合の指数。

第8表 施肥量査定試験地土壌のPH・NO₃-N・電導度の時期別変化

土壌類型	試験地	区別	層位 (cm)	PH (KCl)		NO ₃ -N		電導度	
				12月中旬	5月下旬	12月中旬	5月下旬	12月中旬	5月下旬
黒色火山灰	鹿沼市上日向	多肥	0~5	4.8	5.2	56.9	34.8	1.39	1.08
			5~15	4.7	5.2	41.1	18.2	1.16	0.75
		少肥	0~5	5.1	5.4	36.6	22.7	0.67	0.61
			5~15	5.1	5.4	29.7	16.8	0.66	0.54
礫層	鹿沼市上日向	多肥	0~5	4.4	4.9	37.8	2.5	0.80	0.37
			5~15	4.2	5.0	13.9	1.6	0.43	0.20
		少肥	0~5	4.6	5.3	15.9	0.2	0.50	0.23
			5~15	4.5	5.4	7.6	0.2	0.32	0.16

注・硝酸態窒素は乾土100g中のNmg。電導度はm Ω /cm。

4. 考察および論議

半促成イチゴの本圃での生育は、生育期間の大半が季節的に乾燥期と寒冷期にあり、またビニールマルチが一般の慣行として行われているので雨水・灌水による作土の洗滌作用が少なく、塩類が集積しやすい傾向にある。また水田裏作では主として畦間灌漑が行われているが、この場合でも作土の水による上下洗滌の影響はそれほど大きくなく、透水過多の礫層土壌を除けば、塩類の流亡はさほど起らぬものと考えられる。以上のことは、生育時期別に、層位別に、土壌の電導度・塩類の量を調べた結果、第1層に集積量が多かったことから首肯される。つまり、半促成イチゴは、他の露地そ菜よりも塩類による濃度障害が発現しやすい条件下にあると云える。したがって窒素質肥料肥効比較試験の硫酸区・塩安区および施肥量査定試験の多肥区(N, 30kg/10a)に生育の抑制、果実収量(とくに早期収量)の減少がみられ、しかもこのことと土壌の電導度との間に密接な相関が認められることは、塩類による濃度障害が茎葉の繁茂、花芽の形成・分化に悪影響をあたえたためと考えられる。

塩類による濃度障害は、土壌の電導度を測定することによって判定することが可能である。その際指標としては、定植時の測定値を用いるのが妥当と思われるが、本研究の場合は電導度を高める主体がNO₃であることを考慮し、硝酸化成がある程度進行し、しかも降雨、灌水の影響をあまり受けぬ施肥3週間後(定植後2週間)の電導度を用いた。その結果、乾土1対水5の浸出法をとった場合、窒素質肥料肥効比較試験の濃度障害のみられた硫酸区・塩安区は1.7m Ω 以上、障害のみられぬ尿素区は1.4m Ω 、石灰窒素区・硝酸性複合区は1m Ω 以下であり、また施肥量査定試験の場合は施肥3週間後の測定値がないので肥効比較試験の数

値から類推すると、黒色火山灰土壌の多肥区が2m Ω 、少肥区が1.3m Ω 、礫層(沖積)土壌の多肥区が1.4m Ω 、少肥区が1.1m Ω と考えられ、濃度障害を起す限界の電導度は、黒色火山灰土壌では1.5m Ω 、礫層沖積土壌では1.2m Ω であると推定された。

またこれら土壌の電導度を高める主成分は、石灰窒素区が石灰施用量が多いにもかかわらずアニオンが少ないため電導度が低く、また対照的に硫酸区・塩安区が石灰施用量が少ないにもかかわらず電導度測定液中のCaの溶出量が多くしたがって電導度が高まることから、実際の圃場においては、NO₃、SO₄、Clであると推定された。⁽³⁾そしてこれらのアニオンのうちNO₃は高濃度ではSO₄・Clよりも植生にあたる害作用は大きい⁽¹⁾が、低濃度では障害がなく、また主要な栄養素であるので、低濃度ではSO₄・Clの方が植生にあたる害作用は大きいものと思われた。⁽⁴⁾硫酸区・塩安区が濃度障害を起したのは、SO₄・Clが電導度を高めた主体であったためと考えられる。

以上のことから、半促成イチゴにたいしては、定植直後の電導度が、黒色火山灰土壌では1.5m Ω 、沖積土壌では1.2m Ω 以上に高まらぬよう無機質肥料(とくに窒素質肥料)の施肥量を規制し、また使用する肥料の種類もSO₄・Clのごとき副成分をあまり含まぬ肥料を選択すべきであるとの結論に達した。そして、この意味において、半促成イチゴの施肥基準量を勘案すると、無機質窒素肥料はN, 15kg/10aが施肥の限界量であると考えられた。

5. 要約

半促成イチゴの栽培は、塩類による濃度障害が発現しやすい条件下にある。濃度障害は無機質肥料(とくに窒素質肥料)の多施によって起こる場合が殆んどであり、また肥料の種類によってその発現の度合が異なる。

っている。多肥による濃度障害が甚だしい場合は枯死するが、それほど甚だしくない場合には、生育の抑制、果実収量（とくに早期収量）の減少となって現われる。このことは、恐らく濃度障害が茎葉の繁茂、花芽の形成・分化に悪影響を及ぼしたためと推定される。

塩類による濃度障害の程度は、土壤の電導度を測定することによって判定することができる。乾土 1 対水 5 の浸出法により電導度を測定した場合、障害を起す限界の電導度は、定植直後の測定値で、黒色火山灰土壌では 1.5m²、沖積土壌では 1.2m²にあることが推定された。したがって無機質肥料（とくに窒素質肥料）の施肥量は、電導度がこの限界値以下であるような施肥量が望ましく、この意味において半促成イチゴの施肥量を勘案すると N, 15kg/10a が適量であると考えられた。

また土壤の電導度を高める主成分は、実際の圃場においては、NO₃・SO₄・Clであり、そのうちでも濃度障害を起しやすい成分はSO₄とClであった。したがって、これらの副成分を多量に含む肥料を使用する場合は、上記の施肥適量を厳守する必要があるものと思われた。

追記 イチゴはそ菜のうちでも肥料要求度の低い植物であり、施肥窒素の利用率も 5～6%にすぎぬもの

である。したがって一般には窒素施用量は上記 15kg/10a で十分であると考えられるが、透水過多の礫層土壌などでは流亡により不足することがあるので、その場合には無機質窒素肥料はこの量にとどめ、不足分は有機質肥料で補うべきであろう。

磷酸・加里は実際には窒素ほど濃度障害にたいする影響は大きくないので、おのおの 25kg/10a の施用量までは許容される。

謝辞 本研究を遂行するにあたって、種々貴重な助言を頂いた鶴見晏何部長・加藤昭主任研究員、試験の一部を担当された青木一郎・豊田順子両技師、依託試験地を快よく引受けられた鹿沼市玉田茂平・根本利八郎・根本孝之、今市市 阿久津正尚の諸氏に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 橋田茂和・柳井利夫 (1964)
農園39 (9) : 1389
- (2) 関東ハウス土壤研究グループ (1966)
農園41 (1) : 61
- (3) 佐藤吉之助・錦古里孝夫 (1966)
農園41 (3) : 483
- (4) 嶋田永生 (1966) 農業技術21(11) : 506