

黒ボク土壌における稲わら堆肥の連用が 春どりキャベツの生育及び土壌の化学性に及ぼす影響

吉田 俊郎・神保 伸幸*・井上 満・宇田川 雄二・青柳 森一・村井 正和**
所 重雄***・安西 徹郎

キーワード：キャベツ、黒ボク土壌、稲わら堆肥、堆肥、連用、気温

I 緒 言

東総地域は、冬期温暖な気候資源を活かして、三浦半島と並ぶ春どりキャベツの大産地となっている。特に、栽培に適した東端部では、1953年にキャベツ栽培が導入されて以来、50年にも及ぶ連作が行われている（「千葉県野菜園芸発達史」編さん会、1986）。この地域では生産を安定させるため、深耕や輪作作物の導入など、土壌改良に多くの取り組みがなされ、有機物の供給が必須とされ、家畜ふん堆肥が大量に投入される事例もみられる。堆肥連用の影響については、水田（辰巳ら、1985）と窒素肥沃度や土壌物理性が低下しやすい沖積畑（六本木ら、1992a；1992b；1993）での試験が多い。また、堆肥を化学肥料代替資材として捉えた研究も行われている（岩田・歌田、1968；中津ら、2000）。

家畜ふん堆肥の施用は、堆肥に含まれる肥料成分の供給、有機質資材としての土壌の物理性や化学性の改善効果を期待して行われるが、軽しょう、膨軟で、腐植に富む黒ボク土壌では堆肥類施用の効果は小さいと思われる。しかし、黒ボク土でも一定量の稲わら堆肥連用により効果が得られた（家壽多ら、2001）との報告もある。そこで、東総地域の気候や土壌条件下で、この地域の主産品である春キャベツを栽培し、土壌の肥沃度を高めるための有機物の施用効果、肥沃化した後の肥培管理を明らかにする必要がある。

著者らは、前半の1981年からの11年間には、新たに開墾した黒ボク土壌の肥沃度を急速に向上させるための有機物連用効果を検討するために、稲わら堆肥施用及び収穫残滓鋤込みの有無を組合せ、春キャベツを基幹作物と

して、食用甘しょ、スイカ及びスイートコーンの3品目を輪作作物とする年2作の体系で試験を実施した。

さらに、後半の1992年からの11年間には、前半の試験による有機物投入により肥沃化した土壌の窒素栄養的評価を行うこととし、稲わら堆肥連用の有無に化成肥料の施肥量を組合せ、年1作の春どりキャベツを対象に試験を実施した。

以上の計22年にわたる調査を通じ、造成後の黒ボク土壌への稲わら堆肥の連用が春どりキャベツの生育や土壌の化学性に及ぼす影響に関して、いくつかの知見が得られたので報告する。

なお、本試験における土壌分析は、生産環境部土壌環境研究室（2001年度までは、地力保全研究室）の方々に、栽培及び収量調査は、東総野菜研究室の諸氏にご協力いただいた。関係各位に深く謝意を表す。

II 材料及び方法

試験1. 新規造成圃場における有機物の連用効果

試験圃場には、1979年に林地を開墾して造成した黒ボク土壌（淡色黒ボク土）を用いた。試験区は、稲わら堆肥連用の有無に収穫残滓鋤込みの有無を組合せ、堆肥無施用・残滓鋤込み区、堆肥無施用・残滓搬出区、堆肥連用・残滓鋤込み区、堆肥連用・残滓搬出区の4区とし、1区100m²で、反復はとらなかった。他に参考区として、無施肥無耕作区を設けた。

堆肥連用区には、前年の秋に稲わらを裁断し、水のみを加え、1～3ヶ月ごとに5～6回、繰り返した堆肥を2t/10a施用した。さらに、BM苦土重焼燐を40kg/10a、苦土石灰を140kg/10a施用した。基肥としてAM45（15：15：15）を140kg/10a、追肥として結球始期とその約1ヶ月後の2回、りん硝安加里S646（16：4：16）を各回40kg/10a施用した。

キャベツの栽培方法は、第1表に示した。品種「金系201号」（サカタのタネ）を毎年、9月中旬に雨よけハウス内の地床に播種し、本葉5～6枚程度となる10月下旬

2003年9月10日受理

* 東葛飾農業改良普及センター

** 千葉県農林水産部農業改良課

*** 元千葉県農業試験場

本報告の一部は2002年度園芸学会秋季大会（2002年9月熊本県）において発表した。

(無仮植育苗の場合)、または11月中旬(仮植育苗の場合)の定植とした。栽植様式は、畦間60cm、株間40cmとした。輪作作物である3品目の栽培年度及び耕種概要は、第2表に示した。

収穫調査は、試験区中央部の30株について、結球程度から収穫適期と判断された時点で順次行った。1988年

度及び1992年度には、初期生育調査のために収穫時の調査に影響しない位置の株、各区10株を抜き取り秤量した。キャベツ栽培終了時に土壌を表層(深さ0~15cm)と次層(深さ15~30cm)に分けて採取し、化学性の分析を行った。

第1表 試験1における春どりキャベツの作付け年度と播種日、移植日、定植日

作付け回数	年 度	播種日	移植日	定植日
1	1981	9月16日	10月3日	11月18日
2	1982	9月16日	10月4日	11月15日
3	1983	9月16日	10月5日	11月16日
4	1984	9月17日	無仮植育苗	10月31日
5	1985	9月17日	無仮植育苗	10月31日
6	1986	9月17日	無仮植育苗	10月31日
7	1987	9月17日	無仮植育苗	10月31日
8	1988	9月16日	無仮植育苗	10月31日
9	1989	9月16日	無仮植育苗	10月26日
10	1990	9月17日	無仮植育苗	10月18日
11	1991	9月17日	10月3日	11月20日

注) 品種は、「金系201号」(サカタのタネ)

第2表 試験1における作付け年度と輪作作物名、耕種概要

年 度	作物名	品種名	播種日	定植日	収穫日	施肥量 (kg/10a)			
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	苦土石灰
1981	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1982	食用甘しょ	ベニコマチ	—	6月10日	10月26日	2.4	25.6	8.0	80
1983	スイカ	縞王	4月26日	6月4日	8月22日	12.1	22.0	18.0	100
1984	スイートコーン	ハーバントラム中生	7月3日	—	9月19日	31.4	41.0	30.6	100
1985	食用甘しょ	ベニコマチ	6月13日	—	10月8日	2.4	25.6	8.0	80
1986	スイカ	縞王	5月24日	7月19日	10月2日	12.1	22.0	18.0	100
1987	スイートコーン	ハーバントラムシグマ	6月9日	—	8月26日	31.4	41.0	30.6	100
1988	食用甘しょ	ベニコマチ	—	5月26日	9月22日	2.4	25.6	8.0	80
1989	スイカ	縞王	3月15日	5月2日	8月2日	12.1	22.0	18.0	100
1990	スイートコーン	ハーバントラムシグマ	5月22日	—	8月12日	31.4	41.0	30.6	100
1991	食用甘しょ	ベニコマチ	5月29日	—	8月30日	2.4	25.6	8.0	80

注) 作付け前に堆肥連用区は稲わら堆肥2t/10a

試験2. 肥沃化土壌における肥料成分供給能力の評価
 試験圃場には、試験1で用いた圃場を連続して使用することとし、化成標準区2区には試験1の残滓鋤込み区を、化成減量区2区には同じく残滓搬出区を割り当てた。試験区は、堆肥連用の有無に化成肥料の施用量の多少を組合せ、堆肥無施用・化成標準区、堆肥無施用・化成減量区、堆肥連用・化成標準区、堆肥連用・化成減量区の4区とし、1区100m²で、反復はとらなかった。堆肥連用区には、試験1と同一製法の稲わら堆肥を2t/10a施用した。さらに、全区とも定植の約1ヶ月前にBM苦土重焼燐を60kg/10a、苦土石灰を100kg/10a施用した。また、基肥としてAM45(15:15:15)を化成

標準区には100kg/10a、化成減量区には67kg/10a、追肥として結球始期とその約1ヶ月後の2回について、それぞれ追肥専用化成S842(18:4:12)を化成標準区には42kg/10a、化成減量区には28kg/10a施用した。

キャベツの栽培方法は、第3表に示した。試験1と同一品種「金系201号」(サカタのタネ)を毎年、10月上旬(1996年度及び2002年度は11月中旬)に雨よけハウス内の地床に播種し、本葉6枚程度となる11月中旬(1996年度及び2002年度は2月中下旬)に畦間60cm、株間40cmで定植した。

収穫時の調査及び土壌の化学性の調査は、試験1と同様に行った。

第3表 試験2における春どりキャベツの作付け年度と播種日、定植日

作付け回数	年 度	播種日	定植日
12	1992	10月6日	11月18日
13	1993	10月7日	11月16日
14	1994	10月6日	11月10日
15	1995	10月6日	11月17日
16	1996	11月12日	2月19日
17	1997	10月7日	11月19日
18	1998	10月7日	11月17日
19	1999	10月6日	11月17日
20	2000	10月6日	11月17日
21	2001	10月6日	11月15日
22	2002	11月20日	2月25日

注) 品種は、「金系201号」(サカタのタネ)

III 結果及び考察

試験1. 新規造成圃場における有機物の連用効果

(1) キャベツの初期生育、収穫期

1988年度及び1991年度に初期生育の指標として測定した地上部重は、第1図に示した。兩年の地上部重は、堆肥連用区が堆肥無施用区より、残滓鋤込み区が残滓搬出区より重かった。

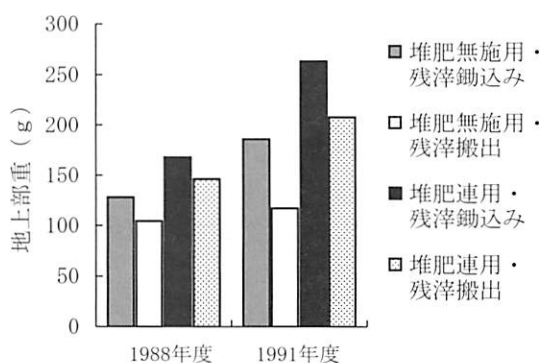
キャベツでは結球し、収穫適期に達した株から随時、収穫するため、第4表に示したように年度により、また試験区により平均収穫日が異なった。1983年度及び1985年度は、全ての区で結球が遅く、ほぼ同時に6月上旬の収穫となった。一方、1989年度及び1990年度は、全ての区で結球が早く、ほぼ同時に3月中旬に収穫に至った。1982年度及び1991年度では、堆肥連用の2区が堆肥無施用の2区より5日以上早く収穫された。堆肥無施用区内を比較すると、1984年度及び1986年度のように残滓鋤込み区が残滓搬出区より5日前後早く収穫された年もあるが、堆肥連用区内では残滓鋤込みの有無による収穫期への影響はなかった。

これらの結果から堆肥連用、または残滓鋤込みにより初期生育が進み、収穫期が早まると考えられた。

(2) キャベツの未収穫株割合、結球重量

栽培年度によっては、第2図に示したように春キャベツの特性から、抽だいや未結球、腐敗病などにより収穫できない株も発生したが、試験区による一定の傾向は、認められなかった。11年間のキャベツ収穫時の結球重量の推移を第3図に示した。収穫残滓鋤込みの有無に関

わらず、堆肥無施用区より堆肥連用区で結球重量が大きくなる傾向が認められた。年度ごとにみると、試験区に関わりなく、1983年度及び1985年度のように、収穫期が遅い年では結球重量が大きくなり、1988年度、1989年度及び1990年度のように収穫期が早い年では結球重量が小さくなった。一方、1982年度及び1991年度のように堆肥無施用区より堆肥連用区の収穫期が早かった年には、堆肥無施用区より堆肥連用区の結球重量が小さく、1985年度及び1987年度のように収穫期に差がない年には、堆肥無施用区より堆肥連用区の結球重量が大きくなった。収穫期の早晚と結球重量の大小については、気象条件などにより、キャベツの初期生育や結球始期が遅れると、晩春の比較的高温時期に結球することになるため、結球重量が大きくなったこと、一方、初期生育や結球始期が早まると、早春の低温時期に結球することになるため、結球重量が小さくなったことによると考えられた。



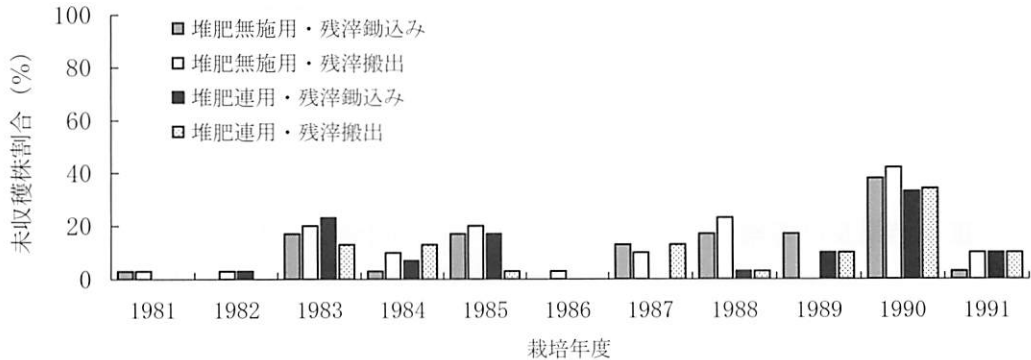
第1図 新規造成圃場における有機物の連用とキャベツの地上部重

注) 1988年度は1988年12月28日、1991年度は1992年2月17日調査

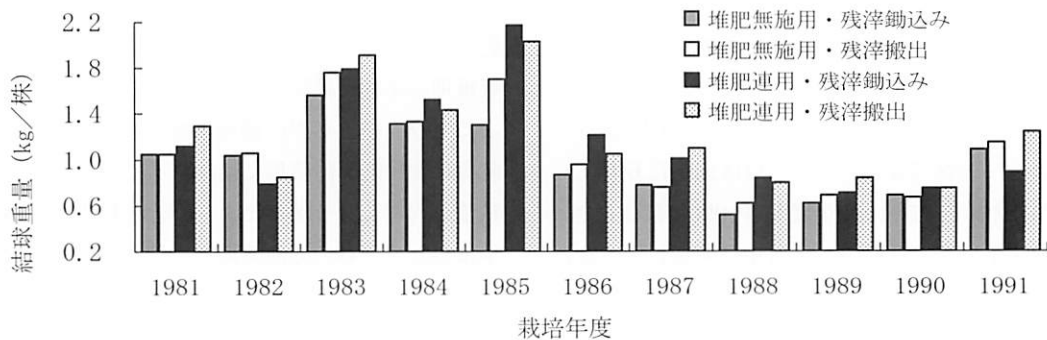
第4表 試験1における作付け年度別収穫日

試験区	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
堆肥無施用・残滓鋤込み	5/17	5/4	6/9	5/14	6/6	4/25	4/14	4/10	3/28	3/18	4/28
堆肥無施用・残滓搬出	5/17	5/5	6/8	5/18	6/8	5/3	4/13	4/9	3/26	3/18	4/25
堆肥連用・残滓鋤込み	5/15	4/20	6/9	5/12	6/7	4/24	4/15	4/7	3/28	3/18	4/21
堆肥連用・残滓搬出	5/14	4/24	6/8	5/10	6/5	4/25	4/13	4/7	3/27	3/18	4/20

注) ・収穫日は、30株の平均収穫日



第2図 新規造成圃場における有機物の連用と栽培年度別未収穫株割合



第3図 新規造成圃場における有機物の連用とキャベツの結球重量

(3) 土壌中の腐植含量の変化

各年度のキャベツ栽培終了時における土壌中の腐植含量を第4図に示した。腐植含量は、1982～1983年度の平均値は、表層で1.3～1.8mg/100g、次層で1.2～2.3mg/100gと低く、堆肥無施用区と堆肥連用区との差が小さかった。しかし、1988～1989年度の平均値は、表層で2.2～3.7mg/100g、次層で1.7～4.8mg/100gと無施肥無耕作区を含め、6年の間に増加した。そこで、無施肥無耕作区を基準とした1988～1989年度の平均値を1982～1983年度の平均値で除し、6年間の変化を第5図に示した。腐植含量は、堆肥無施用・残滓搬出区では減少したが、その他の区ではやや増加した。第4図に示

した腐植含量は、堆肥連用・残滓鋤込み区より堆肥連用・残滓搬出区で少なく、堆肥連用・残滓搬出区のみが表層より次層で大きい。この理由は明らかとはならなかった。しかし、第5図に示した6年間の変化では、堆肥連用・残滓鋤込み区、堆肥連用・残滓搬出区及び堆肥無施用・残滓鋤込み区が増加しており、有機物の投入の効果と考えられた。

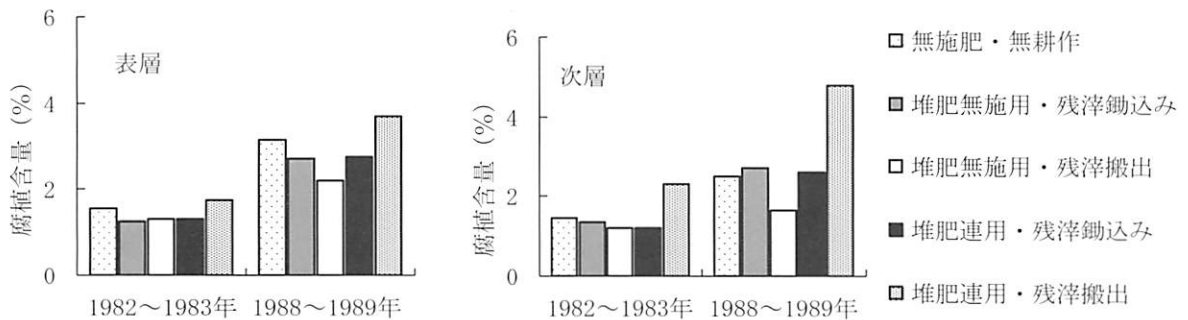
(4) 土壌中可給態リン酸含量の変化

土壌中の可給態リン酸含量を第6図に示した。1982～1983年度の平均値は、表層で1.7～4.2mg/100g、次層で1.2～4.0mg/100gと低く、堆肥無施用区と堆肥連用区との差が小さかった。しかし、1988～1989年度の平均

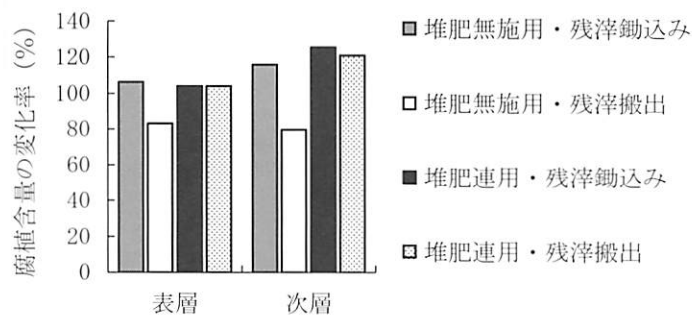
値は、表層で6.3～15.5mg/100g、次層で5.3～13.9mg/100gと無施肥無耕作区を含め、増加した。そこで、腐植含量と同様に無施肥無耕作区を基準とした6年間の変化を第7図に示した。堆肥無施用・残滓鋤込み区及び堆肥連用・残滓鋤込み区は、表層で200%程度、次層で150%程度に増加し、堆肥無施用・残滓搬出区及び堆肥連用・残滓搬出区は、表層で150%程度、次層で115%程度に増加した。施肥として毎年、圃場に投入されるリン酸は、栽培経過とともに含量が増加するが、堆肥連用の効果は明らかでなく、残滓鋤込みの影響が大きいものと思われた。深さ別のリン酸増加量は、次層より表層で大きかった。

(5) 塩基置換容量（以下、CEC）の変化

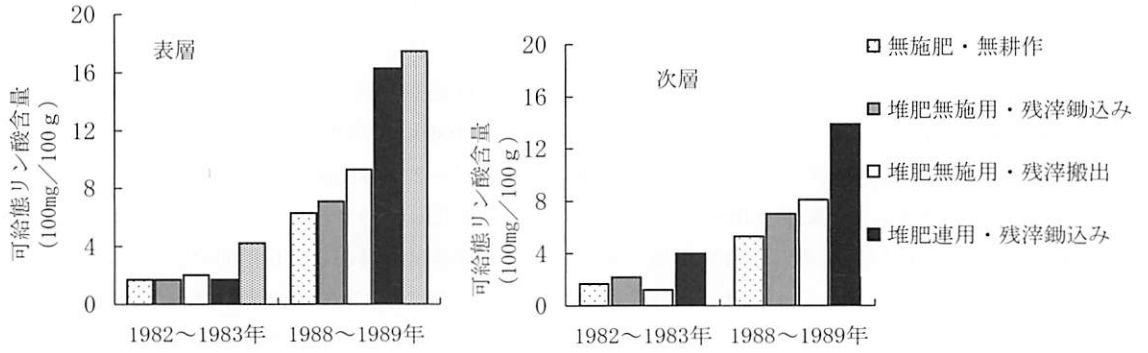
CECについては第8図に示した。1982～1983年度の平均値は、表層、次層とも16～20me/100g程度であり、堆肥連用区・残滓鋤込み区がやや大きかった。1988～1989年度の平均値は、表層で17～25me/100g、次層で15～23me/100gであり、無施肥無耕作区では6年間の間、変化しなかった。ここでも、腐植含量と同様に無施肥無耕作区基準とした6年間の変化を第9図に示した。6年間にCECは、堆肥無施用・残滓鋤込み区、堆肥連用・残滓鋤込み区及び堆肥連用・残滓搬出区が表層で104～106%程度に、次層で116～126%に増加し、堆肥無施用・残滓搬出区が表層で83%程度、次層で80%程度に減少した。



第4図 新規造成圃場における有機物の連用と層別腐植含量
 注1) 1982～1983年及び1988～1989年は、各年度2カ年の平均
 2) 表層は、0～15cm、次層は15～30cm

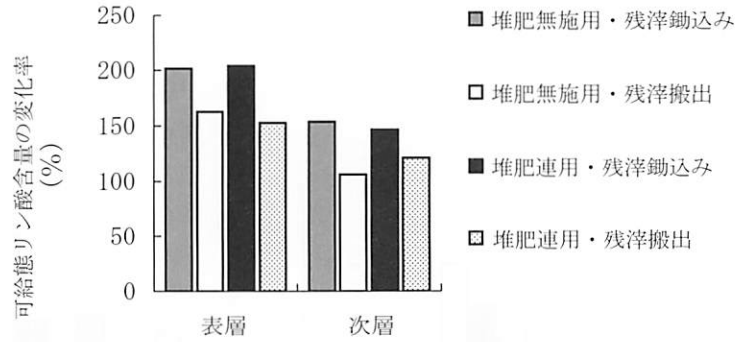


第5図 新規造成圃場における有機物の連用と層別腐植含量の6年間の変化率
 注1) 変化率は、無施肥無耕作区を基準に1988～1989年度の平均値を1982～1983年度の平均値で除した
 2) 表層は、0～15cm、次層は15～30cm



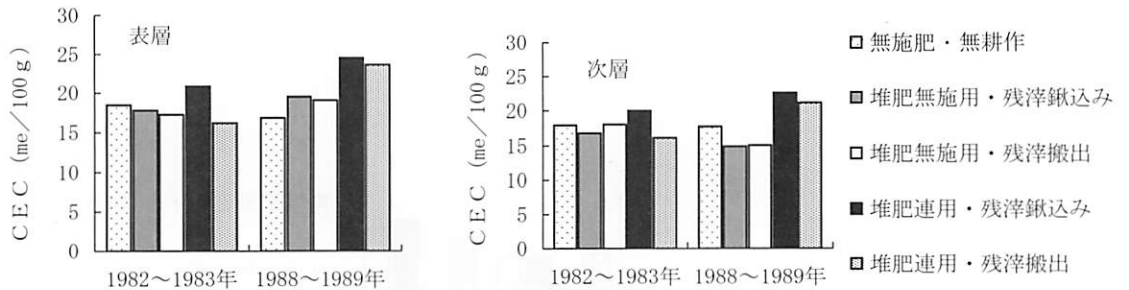
第6図 新規造成圃場における有機物の連用と層別可給態リン酸含量

注1) 1982～1983年及び1988～1989年は、各年度2カ年の平均
 2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



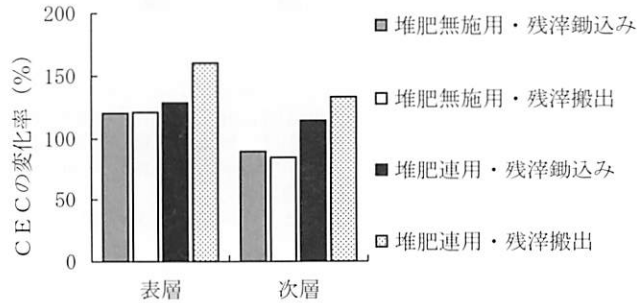
第7図 新規造成圃場における有機物の連用と層別可給態リン酸含量の6年間の変化率

注1) 無施肥無耕作区を基準に1988～1989年度の平均値を1982～1983年度の平均値で除した
 2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第8図 新規造成圃場における有機物の連用と層別CEC

注1) 1982～1983年及び1988～1989年は、各年度2カ年の平均
 2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第9図 新規造成圃場における有機物の連用と層別CECの6年間の変化率

注1) 無施肥無耕作区を基準に1988～1989年度の平均値を1982～1983年度の平均値で除した
 2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm

試験2. 肥沃化土壌における肥料成分供給能力の評価

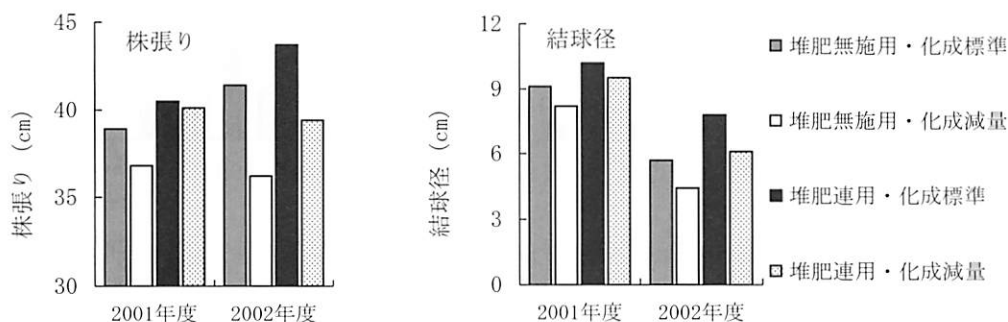
(1) キャベツの初期生育、収穫期

初期生育の状況を第10図に示した。結球初期の株張りは、堆肥連用区が堆肥無施用区より、化成標準区が化成減量区より大きく、結球初期の結球程度も進んでいた。

キャベツは外葉が20枚程度になると中心葉が巻き始め、結球するが、光合成の大部分は外葉で行われるとされている(岩間;1982)。結球が始まると、外葉は生育しないことから、キャベツの結球重量を向上させるためには、結球前に外葉を大きく育てる必要がある。堆肥を連用したり、化成肥料を標準量施用することにより、初期生育が促進され、外葉が大きく展開し、株張りが大きくなったものと思われた。収穫は、結球した株から随時、行ったため、第5表に示したように年度により、また試験区により平均収穫日が異なった。1993年度、

1998年度、2000年度及び2001年度では、キャベツの生育が早まり、結球も早く、堆肥連用区が堆肥無施用区より、化成標準区が化成減量区より収穫日が早かった。1992年度、1996年度及び1997年度では、試験区間の差が小さく、ほぼ一斉に収穫された。堆肥連用により、キャベツの初期生育が進み、収穫期が早まるという傾向は、試験1の結果と一致した。ここで堆肥無施用区内を比較すると、1993年度、1998年度、1999年度及び2001年度のように化成標準区が化成減量区より5日以上早く収穫された年もあるが、堆肥連用区内では同年でも2~4日早まった程度であった。

これらの結果から、堆肥を連用するか、化成肥料を標準量施用することにより初期生育が進み、堆肥無施用の場合には、化成肥料を標準量の施用とすることにより収穫期が早まるものと考えられた。



第10図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と結球初期の株張り、結球径
注) 2001年度は2002年2月18日、2002年度は2003年4月28日調査

第5表 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量とキャベツの作付け年度別収穫日

試験区	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
堆肥無施用・化成標準	5/11	4/23	5/3	5/3	5/12	4/25	4/18	4/17	4/12	4/10	5/23
堆肥無施用・化成減量	5/11	5/1	5/6	5/7	5/14	4/25	4/24	4/22	4/14	4/15	5/28
堆肥連用・化成標準	5/11	4/20	4/30	5/3	5/12	4/26	4/14	4/22	4/10	4/4	5/22
堆肥連用・化成減量	5/11	4/24	5/3	5/4	5/12	4/24	4/16	4/19	4/9	4/8	5/23

注) 収穫日は、30株の平均収穫日

(2) キャベツの未収穫株割合、結球重量

試験1より播種期を2旬遅らせた場合も収穫期は、さほど変わらず、栽培年度によっては、第11図に示したように抽だいや未結球により収穫できない株が発生した。1997年度には抽だい株の発生が多く、特に堆肥連用区の化成標準区で多かった。また、1998年度には堆肥無施用の2区で未結球株が多く発生した。さらに、1999年度及び2000年度には寒害による腐敗球の発生が多く、特に堆肥無施用区の化成標準区、堆肥連用の化成標準区及び化成減量区に多かった。

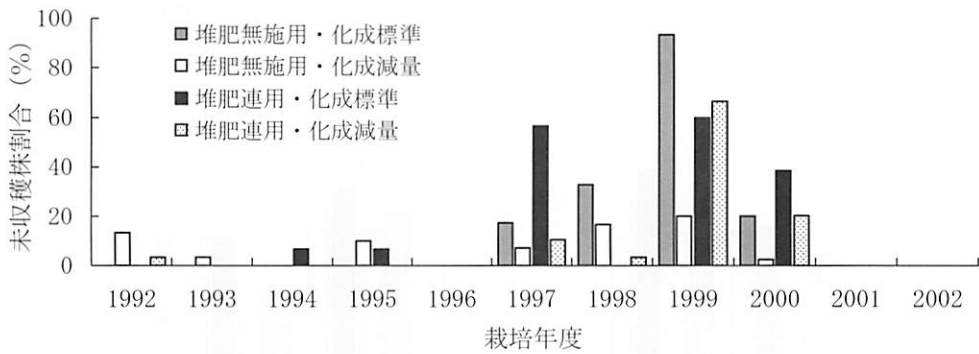
第6表に月別の気象表を示した。抽だい株が多く発生した1997年度は、定植後~年内の気温が高く、1月の気温が低かったが、これは緑植物春化型植物であるキャベ

ツが花芽分化や抽だいを起こしやすい気象パターンと推察された。また、腐敗球が多く発生した1997年度は、1月の気温が異常に高く、2月の気温が低かった。これは1月の高温によりキャベツの生育が進み、早期結球により耐寒性が失われ、結球部が寒害を受け、腐敗病に罹病しやすい気象パターンであったと考えられた。

結球重量を第12図に示した。堆肥連用区は、化成肥料の施用量に関わらず、堆肥無施用区より結球重量が大きくなる傾向が認められ、この傾向は、1992年度、1994年度、1995年度、1996年度及び2002年度のように収穫期が遅く、抽だい株や腐敗球の発生が少なかった年に顕著であった。これら5カ年の結球重量を反復とみなし、堆肥連用・化成標準区を1.00とした割合を多重比較した結

果を第7表に示した。堆肥無施用・化成標準区と堆肥無施用・化成減量区、堆肥連用・化成標準区と堆肥連用化成減量区の間には5%レベルの有意差が認められなかったが、堆肥無施用の2区と堆肥連用の2区の間には有意差が認められ、気象要因の影響を受けなかった年度には堆肥連用により、キャベツの結球重量が大きくなることが明らかとなった。また、堆肥連用区内の比較では、収穫期が早かった1993年度及び1997年度には化成標準区より化成減量区の結球重量が大きくなった。堆肥連用により、キャベツの結球重量が大きくなるという傾向は、1993年度及び2001年度のように収穫期の前進による小結球年を例外として試験1の結果と一致した。

一方、化成肥料の施用量の影響は、栽培年度により異なった。堆肥連用の有無に関わらず、化成標準区が化成減量区より結球重量が大きかった年は、1996年度及び2002年度であり、小さかった年は、1993年度及び1997年度であった。このことは、1996年度及び2002年度は、作型が遅く、全区の収穫が遅かったこと、1993年度及び1997年度では、化成減量区が化成標準区より収穫が遅くなったためと考えられた。この作型では、収穫日が遅くなると収穫2～1ヶ月前の日平均気温が高くなる傾向があることを第13図に示した。その程度は、13日あたり1℃であった。また、この期間の気温が高いほどキャベツの結球重量が大きくなることを第14図に示した。



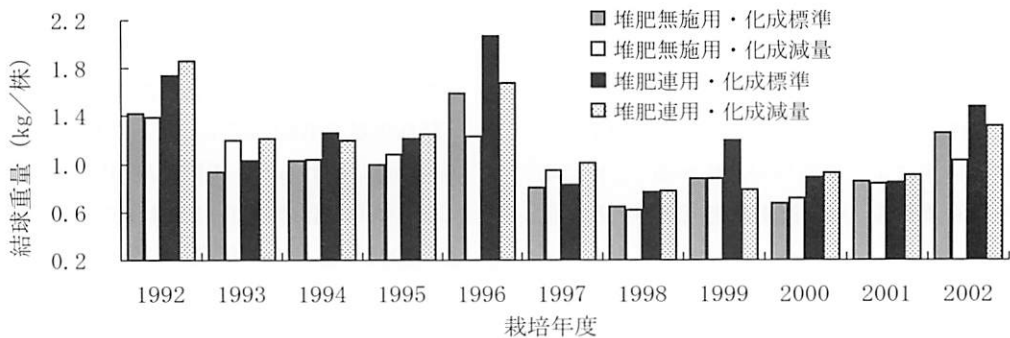
第11図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と栽培年度別未収穫株割合

第6表 試験2における期間中の月平均気温

月	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	左平均
11月	11.1℃	12.1	11.1	9.7	10.6	13.5	10.2	11.2	11.0	9.9	9.9	10.9
12月	7.9	8.0	7.6	5.9	7.5	7.8	7.5	7.1	6.7	5.9	5.6	7.0
1月	5.3	4.7	4.5	4.4	4.5	4.2	4.5	6.7	3.1	5.9	3.5	4.6
2月	5.8	4.8	5.0	3.5	5.1	5.1	5.1	3.5	4.6	5.8	4.3	4.8
3月	6.6	6.9	7.9	7.2	8.8	7.6	9.1	7.8	7.9	10.1	6.2	7.8
4月	10.6	13.8	13.3	10.2	13.2	13.4	13.5	13.2	12.3	13.6	13.0	12.7

注1) 11月は第4～6半旬の平均値

2) は11年間の平均値より1℃以上高かったことを、 は低かったことを示す

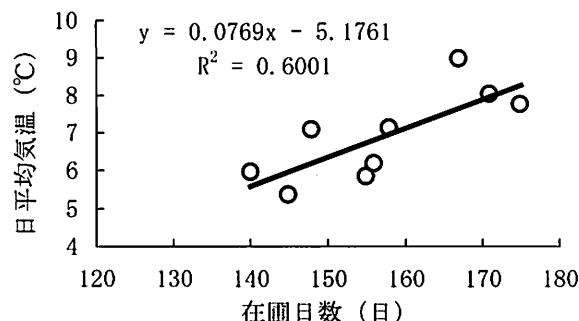


第12図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量とキャベツの結球重量

第7表 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量とキャベツの結球重量

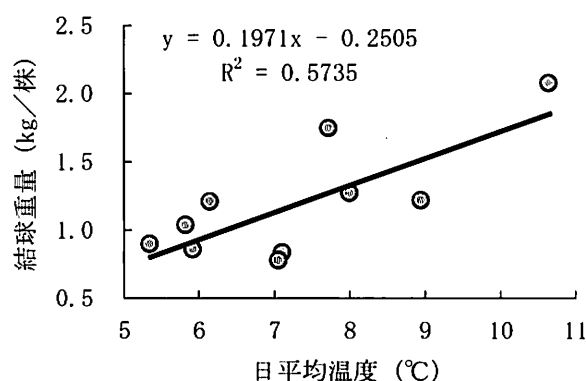
試験区	1992年度 (kg/株)	1994年度 (kg/株)	1995年度 (kg/株)	1996年度 (kg/株)	2002年度 (kg/株)	平均 (kg/株)
堆肥無施用・化成標準	1.42(0.81)	1.03(0.82)	1.00(0.83)	1.59(0.77)	1.26(0.82)	1.26(0.81 b)
堆肥無施用・化成減量	1.39(0.80)	1.04(0.83)	1.08(0.89)	1.23(0.59)	1.03(0.76)	1.15(0.74 b)
堆肥連用・化成標準	1.74(1.00)	1.26(1.00)	1.21(1.00)	2.07(1.00)	1.48(1.00)	1.55(1.00 a)
堆肥連用・化成減量	1.86(1.07)	1.20(0.95)	1.25(1.03)	1.68(0.89)	1.32(0.95)	1.46(0.94 a)

注1) 括弧内の数値は各年度の堆肥連用・化成標準区の結球重量を1.00としたときの指数
 2) 異なるアルファベット間にはRyanの多重検定により5%レベルで有意差があることを示す。



第13図 キャベツの在圃日数と収穫2～1ヶ月前の日平均気温

注) 堆肥連用・化成標準区について、作型の異なる1996年度及び2002年度を除外して作図した。



第14図 収穫2～1ヶ月前の日平均気温とキャベツの結球重量

注) 堆肥連用・化成標準区について作図した。

(3) 土壌中の腐植の変化

土壌中の腐植含量を第15図に示した。腐植含量の1992～1994年度の平均値は、堆肥無施用の2区が無施肥無耕作区と同程度に低く、堆肥連用の2区が高かった。1999～2001年度の平均値も同様の傾向であったが、無施肥無耕作区と堆肥連用の2区との差が7年間に縮小した。腐植含量は、堆肥無施用区内では化成標準区が化成減量区より、やや高かった。そこで、無施肥無耕作区を基準とした1992～2001年度の平均値を1992～1994年度の平均値で除し、7年間の変化を第17図に示した。腐植含量は、全ての区で表層及び次層とも減少し、その程度は堆肥連用区、または化成減量区ほど大きかった。第5図に示した試験1における6年間の変化では、堆肥連用・残滓鋤込み区、堆肥連用・残滓搬出区が増加していたが、この7年間では逆に減少した。試験1では年2作で堆肥施用量を計4 t/10 a、試験2では年1作で計2 t/10 aと堆肥の施用量を半減したことの結果と思われる。

(4) 土壌中の可給態窒素含量の変化

土壌中の可給態窒素含量を第16図に示した。可給態窒素含量は、表層及び次層とも堆肥連用区が堆肥無施用区より高かった。可給態窒素についても無施肥無耕作区を基準とした7年間の変化を第17図に示した。腐植含量の変化に比べ、表層土壌での減少傾向、次層土壌での

堆肥無施用化成減量区が増加傾向が大きかった。この点について山室(1990)は、稲わら施用により土壌由来無機窒素の脱窒が抑制されたと報告した。植物に吸収されない部分の施肥窒素は、硝酸態窒素として溶脱するか、窒素ガスとして脱窒するものが多いと思われるが、堆肥連用により有機態窒素として土壌中に保持されたと考えられた。

(5) 土壌中可給態リン酸及び交換性加里含量の変化

土壌中の可給態リン酸含量を第18図に、交換性加里含量を第19図に示した。可給態リン酸含量の1992～1994年度の平均値は、表層及び次層土壌で堆肥無施用区が低く、堆肥連用区が高かった。1999～2001年度の堆肥連用区では、一定の傾向がみられなかった。交換性加里含量は、表層と次層との差がなく、堆肥連用区が堆肥無施用区より高く、化成標準区が化成減量区より高かった。腐植含量と同様に無施肥無耕作区を基準とした7年間の変化を第20図に示した。可給態リン酸は、表層土壌では化成標準区が増加していたが、次層土壌では堆肥無施用化成減量区ではやや減少していた。交換性加里含量は、7年間に堆肥無施用・化成標準区及び堆肥連用の2区で200%前後に増加し、堆肥無施用・化成減量区でも150%前後に増加した。

(6) 土壌中交換性石灰及び交換性苦土含量の変化

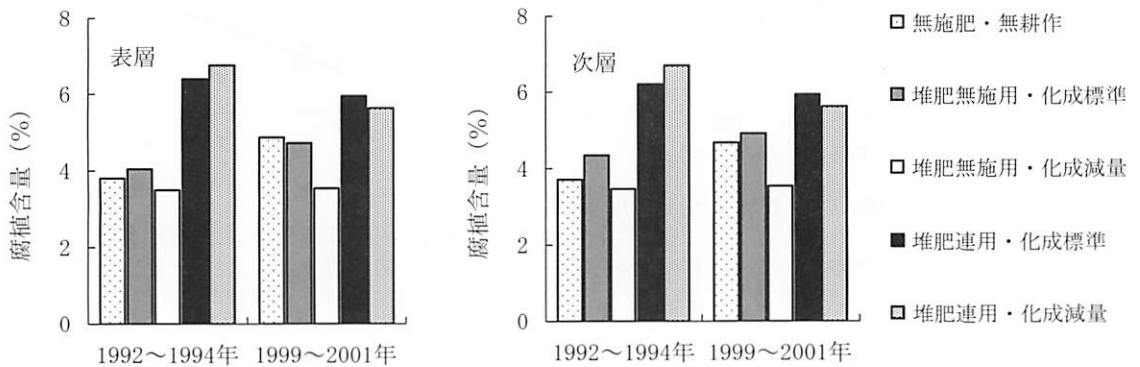
土壌中の交換性石灰及び交換性苦土含量を第21図及

び第22図に、それらの7年間の変化を第23図に示した。交換性石灰含量は、7年間で100~150%に増加したが、その程度は表層より次層で、化成標準区より化成減量区で大きかった。交換性苦土含量は、180~270%に増加したが、その程度は、表層では堆肥連用区が小さく、次層では化成標準区が小さかった。

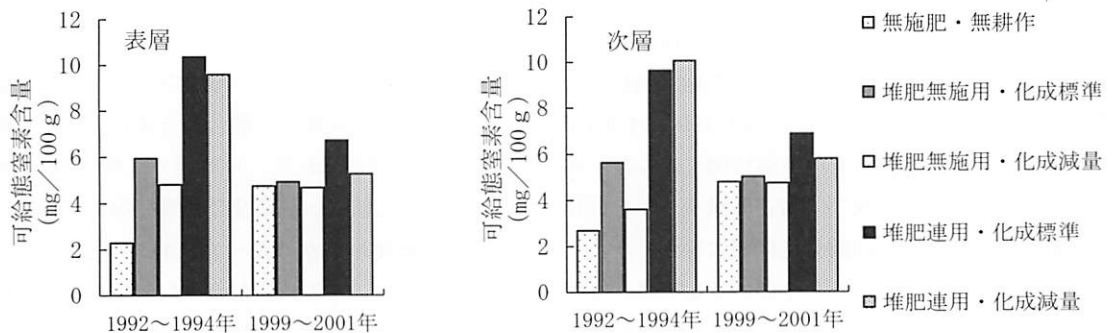
(7) CECの変化

CECの推移を第24図に示した。表層及び次層土壌の1992~1994年度の平均値は、堆肥無施用の2区が低く、堆肥連用の2区が高かった。1999~2001年度の平均値でも同様の傾向であった。次層土壌の1992~1994年度

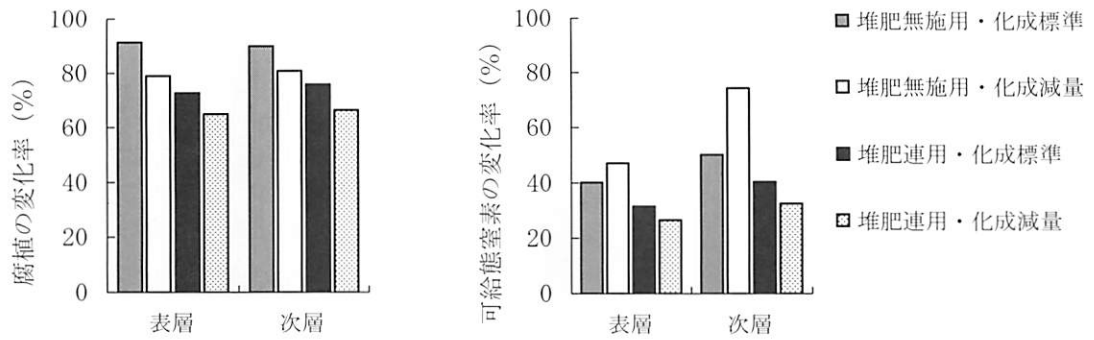
の平均値は、堆肥連用の2区が高かったが、堆肥無施用区では無施肥無耕作区より小さかった。そこで、無施肥無耕作区を基準にした1992~2001年度の平均値を1992~1994年度の平均値で除し、7年間の変化を第25図に示した。CECは、7年間に全ての区で表層及び次層とも減少し、その程度は堆肥連用区ほど大きかった。CECは、試験1の堆肥連用区では、年々増加傾向にあったが、12年目以降の連用となる試験2では、堆肥連用区ほどCECは高いものの、その数値の減少傾向は大きく、堆肥連用によるCECの増加傾向は、堆肥の施用量によっては、低下するものと思われた。



第15図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別腐植含量
 注1) 1992~1994年及び1999~2001年は、各年度3カ年の平均
 2) 表層は0~15cm、次層は15~30cm



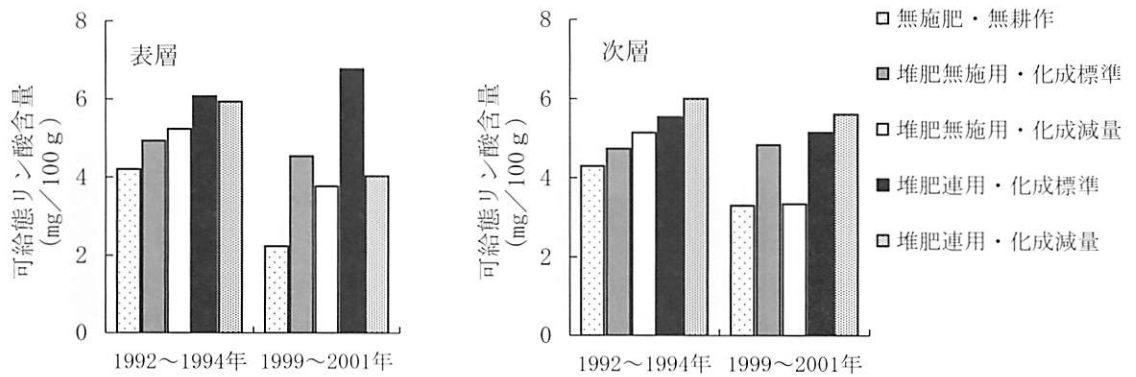
第16図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別可給態窒素含量
 注1) 1992~1994年及び1999~2001年は、各年度3カ年の平均
 2) 表層は0~15cm、次層は15~30cm



第17図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別腐植及び可給態窒素含量の変化率

注1) 無施肥無耕作区を基準に1992～1994年度の平均値を1999～2001年度の平均値で除した

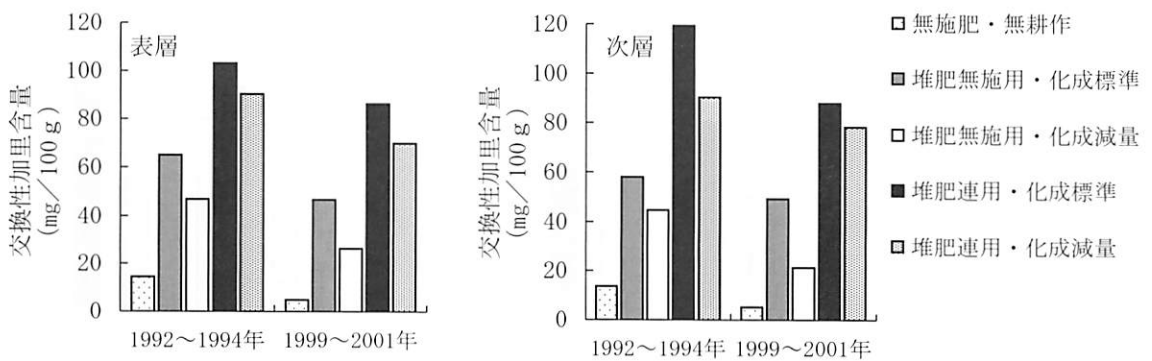
2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第18図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別可給態リン酸含量

注1) 1992～1994年及び1999～2001年は、各年度3カ年の平均

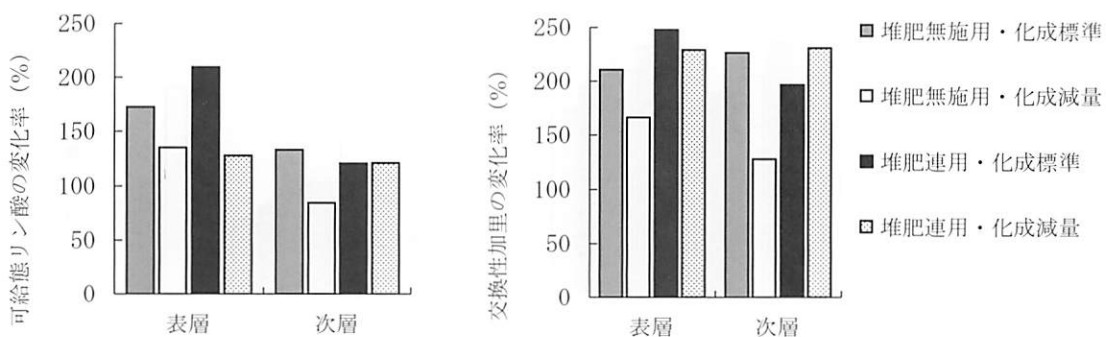
2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第19図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別交換性加里含量

注1) 1992～1994年及び1999～2001年は、各年度3カ年の平均

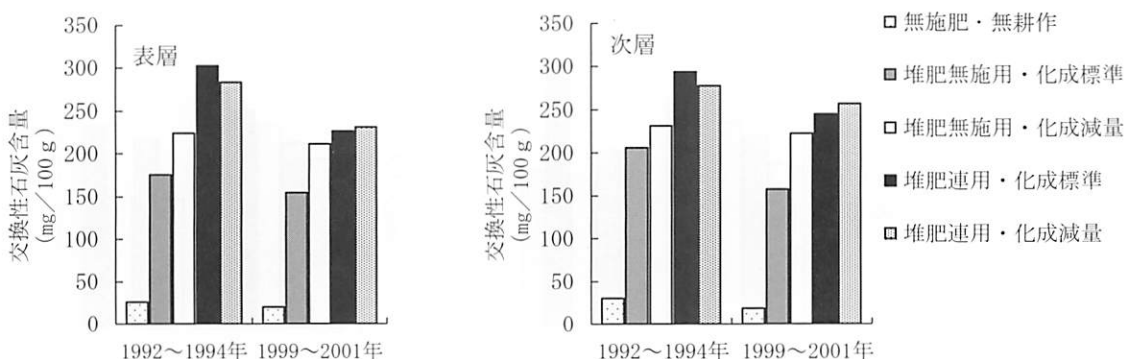
2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第20図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別可給態リン酸及び交換性加里含量の変化率

注1) 無施肥無耕作区を基準に1992～1994年度の平均値を1999～2001年度の平均値で除した

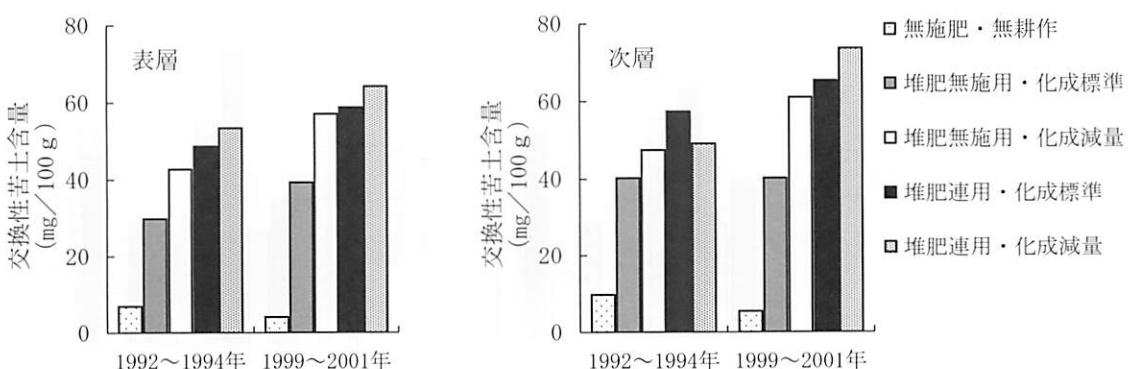
2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第21図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別交換性石灰含量

注1) 1992～1994年及び1999～2001年は、各年度3カ年の平均

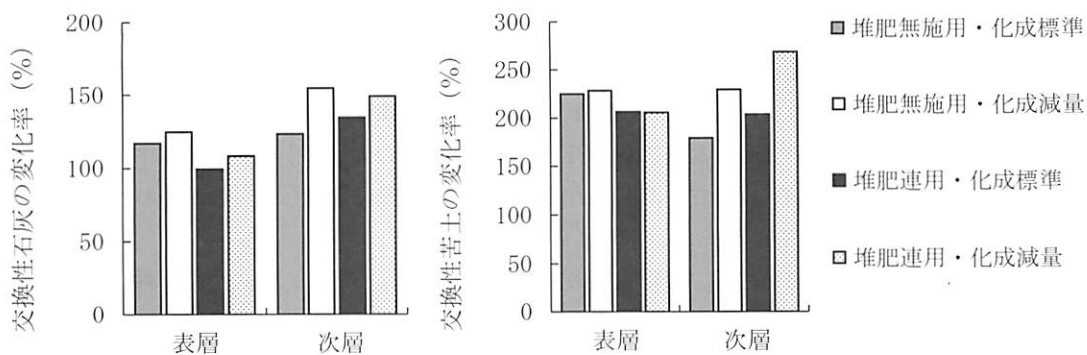
2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第22図 堆肥連用の有無、化成肥料の施用量と層別交換性苦土含量

注1) 1992～1994年及び1999～2001年は、各年度3カ年の平均

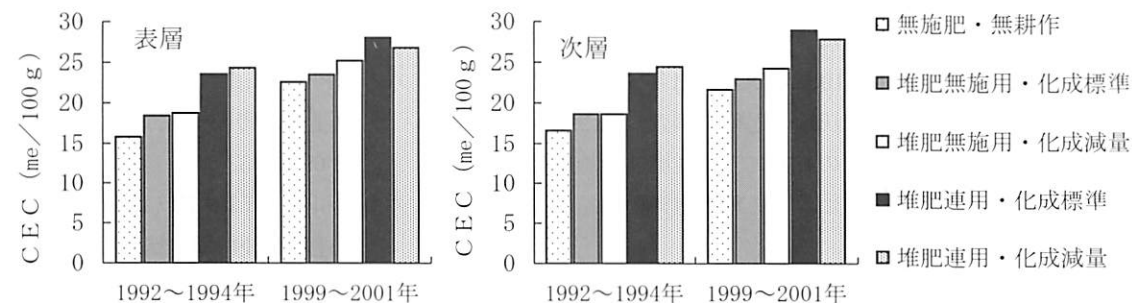
2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第23図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別交換性石灰及び交換性苦土含量の7年間の変化率

注1) 無施肥無耕作区を基準に1992～1994年度の平均値を1999～2001年度の平均値で除した

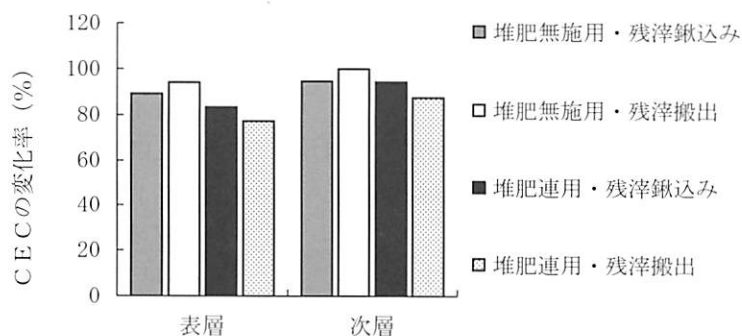
2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第24図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別CEC

注1) 1992～1994年及び1999～2001年は、各年度3カ年の平均

2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm



第25図 肥沃化圃場における堆肥の連用、化成肥料の施用量と層別CECの7年間の変化率

注1) 無施肥無耕作区を基準に1992～1994年度の平均値を1999～2001年度の平均値で除した

2) 表層は0～15cm、次層は15～30cm

以上のように、堆肥連用など有機物を長期連用した圃場では、春どりキャベツの生育が進み、結球重量が重くなる傾向が認められた。これは、堆肥などの10年以上の連用により可給態窒素などの含有率が高まり、CECが増大し、交換性陽イオンが土壌に保持された結果と考えられた。同時に、肥沃化した圃場であっても年2t/10a程度の稲わら堆肥連用では、腐植含量、可給態窒素含量及びCECは、高く維持されていたものの、それらの変化率は、減少傾向に転じていたこと、交換性陽イオンは、大幅な増大傾向を維持していたことも示された。

したがって、堆肥の連用によってもたらされる可給態窒素など肥料成分の供給量によっては、施肥する化成肥料を減量する必要があるものと思われた。

V 摘 要

春どりキャベツの生育及び土壌の化学性に対する有機物連用の効果を明らかにするため、新規造成圃場(黒ボク土壌)を利用して、1981年からの11年間は、堆肥などの有機物連用による肥沃化の過程を調査し、1992年からの11年間は、堆肥連用の有無に、化成肥料の施用量を組合せ、肥沃化した圃場における地力窒素の供給能力を評価した。その結果、

1. 新規造成圃場への堆肥連用及び収穫残滓鋤込みにより、キャベツの生育が進み、結球重量が大きくなった。この傾向は、気象の関係から生育が遅れ、結球時期の温度が比較的高い晩春期に結球した年に顕著であった。
2. 堆肥連用などにより腐植含量及びCECが増加し、収穫残滓鋤込みにより可給態リン酸含量が増加した。
3. 肥沃化圃場への堆肥連用と化成肥料標準施用により、キャベツの生育が進み、結球重量が大きくなった。この傾向も、全ての区の生育や結球始期が遅れ、収穫始期が遅くなった年に顕著であった。
4. キャベツの初期生育が早い年には、化成肥料を減量したほうが、結球が遅れ、比較的高温期の結球となるために結球重量が大きくなった。
5. 堆肥連用により、土壌中の腐植含量が高まったことにより、窒素やリン酸が土壌中に保持され、全窒素、可

給態窒素及び可給態リン酸含量が高まった。また、堆肥連用により、CECが増加したことにより、交換性加里、交換性石灰及び交換性苦土含量が高まったものと考えた。このような土壌養分の富化がキャベツの初期生育や結球重量に影響したものと思われた。

引用文献

- 「千葉県野菜園芸発達史」編さん会(1986). 千葉県野菜園芸発達史. 272-275. 千葉県.
- 岩間誠造(1982). 生育ステージと生理、生態. 農業技術体系野菜編7. 基13-56.
- 岩田正利・歌田明子(1968). 窒素供給期間の差異が数種そ菜の生育、収量に及ぼす影響. 園学雑. 37:57-66.
- 中津智史・東田修司・山神正弘(2000). 淡色黒ボク土壌における堆きゅう肥の連用が畑作物の収量・品質および土壌環境に及ぼす影響. 土肥誌. 71:97-100.
- 六本木和夫・石上 忠・武田正人(1992a). 稲わら堆肥の連用が野菜の生育収量に与える影響. 土肥誌. 63:690-695.
- 六本木和夫・石上 忠・武田正人(1992b). 稲わら堆肥の連用が沖積畑土壌の養分供給力に与える影響. 土肥誌. 63:696-702.
- 六本木和夫・石上 忠・武田正人(1993). 稲わら堆肥の連用が沖積畑土壌の理化学性に与える影響. 土肥誌. 64:27-33.
- 辰巳 真・中尾知二・吉村修一・須見司郎・西垣誠二(1985). 水田における稲わらの連用効果. 大阪農技セ研報. 22:25-30.
- 山室成一(1990). 稲わら施用土壌における稲わら由来無機窒素発現量とその有機化量の推移. 土肥誌. 61:499-505.
- 家壽多正樹・八楨 敦・戸辺 学・安西徹郎(2001). 黒ボク土畑における有機物および改良資材の連用が作物収量および土壌に及ぼす影響. 千葉農試研報. 42:43-53.

Effects of Continuous Application of Rice Straw Compost on Growth of Spring Harvest Cabbage and Chemical Properties of Ando Soil

Syunro YOSHIDA, Nobuyuki JINBO, Mitsuru INOUE, Yuji UDAGAWA, Shinichi AOYAGI,
Masakazu MURAI, Shigeo TOKORO, and Tetsuo ANZAI

Key words : cabbage, ando soil, continuous application, rice straw compost

Summary

In order to clarify effects of continuous application of rice straw compost to a reclamation field on the growth of spring harvested cabbages and chemical properties of Ando soil, the process of fertilization by successive applications of the compost was investigated for 11 years beginning 1981. After that, the capability of nitrogen release from fertilized soil was estimated by the combined treatments of successive applications of the compost and the rate of synthetic fertilizer for 11 years beginning 1992. The results obtained are summarized as follows:

1. As a result of continuous application of compost and plowing-in of plant residue to the reclamation field, the growth of cabbages was improved and head weight became larger. This tendency was remarkably observed in the year when the growth was delayed generally by the climate condition and the head formation took place at the late spring in which it was not easily influenced by the temperature condition.
2. Simultaneously humus content and CEC in the soil were increased by both continuous applications of compost and plowing-in of plant residue and the available phosphorus content was increased by the plowing-in.
3. As a result of combination of continuous compost application and standard fertilization to the fertiled field, the growth of cabbages progressed and head weight became larger. This tendency was remarkably observed in the year in which the head was formed at the late spring which growth was generally overdue from a climate factor and was not easily influenced of temperature during head formation period. This tendency was also remarkably observed in the year when growth, the head formation period, and the harvesting time became delayed generally in all treatments.
4. In the year in which the growth in the early stage was promoted, head weight became larger because the head formation took place at a relatively high temperature as the result of delayed head formation due to the reduced application rate of the synthetic fertilizer.
5. High humus content induced by successive application of compost resulted in retention of nitrogen and phosphorus in the soil, and subsequently made the total and available nitrogen content and the available phosphorus content increased. Moreover, high CEC in the soil might made the exchangeable K, Ca, Mg contents increased. Eutrophication of such soil might influence the initial growth and head weight.