

レンゲ鋤込田における倒伏軽減剤入り 肥料の施用が水稻品種コシヒカリ の生育・収量に及ぼす影響

堀内悦夫・杉本秀樹・佐藤 享
田原三男・村上和夫

**Effects of Application of Eertilizer Containing Growth Retardant on
the Seed Yield and Yield Components of Rice Cultivar Koshihikari.**

**Etsuo HORIUCHI, Hideki SUGIMOTO, Tooru SATOU,
Mitsuo TAHARA and Kazuo MURAKAMI**

結 言

全国的に良食味品種の作付けが拡大しているなかで、愛媛県においても、消費者ニーズを反映してコシヒカリ、あきたこまちなどへの品種転換が一段と進み、1991年におけるコシヒカリの作付面積は2,800ha²⁾を占め、1986年の349ha¹⁾に比べ、実に8倍の伸びがみられている。これらの品種は、早植えによる増収効果が大きいため、水田単作地帯やソ菜・レンゲ跡地での栽培が盛んである。最近の傾向として、有機物が不足する水田地帯を中心に、裏作にレンゲの作付けが拡大し、農家は生草の全量を鋤込んでいるケースが多い。しかし、鋤込み田では多量のレンゲ還元と、根粒菌による窒素固定により、水田土壌は肥沃化するので、施用窒素量を抑えないと、過繁茂となって倒伏危険性が大きい。特にコシヒカリのような長稈で耐倒伏性の低い品種の穂肥は、倒伏を回避するために、下位節間の伸長期にあたる幼穂形成期（出穂前24日）を避け、出穂前18日以降に施用^{10, 13, 17, 18)}することが慣行化している。また、良食味品種は長稈種が多いため、台風の影響のない場合でも、降雨による付着水の重さに耐えきれずに、しばしば倒伏し、減収や米の品質の低下、さらには作業能率が低下するなどの悪影響を及ぼしている。

近年、倒伏軽減対策の一つとして、イナベンフィード(商品名セリタード粒剤)やパクロプロラゾール(商品名スマレクト粒剤)の施用が普及している。さらに、倒伏軽減剤を化成肥料に混和したウニコナゾールP(商品名コープショートA28)が開発され、倒伏防止による水稻の安定栽培に貢献している。これまで、倒伏軽減剤入り肥料を用いた試験^{10, 16~19)}は数多くみられるが、レンゲ鋤込田における試験例はみあたらない。

そこで、本試験は良食味品種の安定多収と、品質向上を図る目的で、穂肥適期である出穂前25日に

コープショートA28をレンゲ鋤込田と対照の休閑区に施用し、コシヒカリの生育・収量に及ぼす影響を検討したので、結果の概要を報告する。

材料および方法

供試した肥料は倒伏軽減剤「ウニコナゾールP」を添加した化成肥料である。これは、水稻の穂肥専用に開発された肥料で、商品名はコープショートA28である。作用機作^{10, 16~19)}としては、主に根から吸収されたウニコナゾールPは、容易に茎葉部に移動し、ジベレリンの生合成を阻害して、節間の伸長を抑制するとされている。

本試験は愛媛大学農学部附属農場の2号水田で行った。1991年9月20日に、レンゲ(在来種)をa当たり0.3kg播種し、1992年5月22日に盛花期のレンゲを立毛のまま全量鋤込んだ。水稻品種はコシヒカリを用い、6月25日に23日苗を栽植密度m²当たり18.5株で移植した。基肥は成分量でa当たりN0.6kg、P₂O₅0.64kg、K₂O0.6kgであった。倒伏軽減剤入り化成肥料(N14%、P₂O₅2%、K₂O17%、ウニコナゾール0.005%)を7月28日(出穂前25日)にa当たり2kgを施用した。

区制は分割区法に従い、休閑区とレンゲ鋤込区(以下レンゲ区)とを主試験区として、1区の面積を72m²とし、副試験区はそれぞれ1区内を2分割して肥料のみを施用した区(対照区)と、倒伏軽減剤入り肥料施用区(薬剤施用区)で構成し、2区制で実施した。

生育各期における抜取調査は、生育中庸な3株を供試した。また、葉身長と節間長の測定は10株を掘取り最長稈を用いて行った。収量は1区5m²を刈取って調査した。地上部の乾物重は器官別に分別し、85°Cで48時間以上乾燥して求めた。葉面積指数は代表株一株の全葉面積を自動面積計(林電工AAM-7型)で測定し、その乾物重から比葉面積(cm²/g)を求め、これを各個体の葉重に乗じて求めた。玄米の粒厚分布の調査は玄米200gを供試し、縦目段ふるいで1分間振動させた後、分別した玄米の重量を求め、全重に対する比率で算出した。なお、水稻の管理は、愛媛県の栽培指針に従った。

実験結果

1. レンゲの鋤込状況

レンゲの鋤込時における調査結果を表-1に示した。レンゲ鋤込作業はトラクター(32馬力)で行ったが、レンゲは水分を多く含んでいたため、ロータリ爪へ巻付かず、作業は容易であった。

表-1 レンゲ鋤込時における調査結果

ステージ	草丈 (cm)	草高 (cm)	生草重 (kg/a)	乾物率 (%)	還元量(乾物) (kg/a)
盛花期	87.5	43.8	433.1	21.2	91.8

2. 生育の推移

草丈および茎数の推移を図-1に示した。草丈の伸長経過は、分けつ最盛期(7月28日)では、レンゲ区の方が休閑区よりやや優っていた。処理後8日目(8月5日)では、薬剤施用区は対照区に比

べ、休閒区、レンゲ区にかかわらず伸長の抑制がみられた。さらに、登熟後期(9月16日)では、薬剤施用区と対照区との差が拡大し、草丈の短縮率は、休閒区で7%、レンゲ区では9%を示した。茎数は各生育期とも、レンゲ区の方が休閒区より多かった。また、茎数に対する薬剤施用の影響は、各生育期を通じて明らかでなかった。

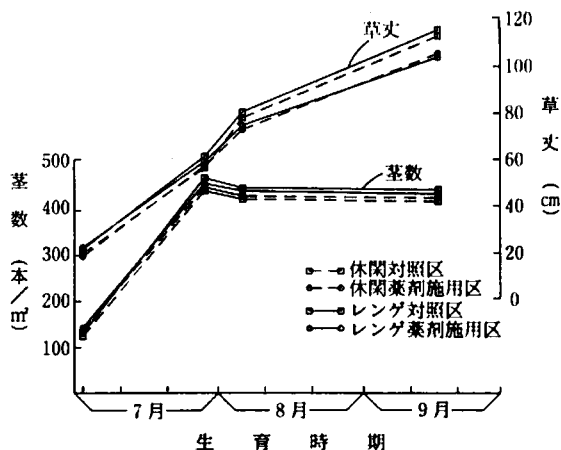


図-1 倒伏軽減剤入り肥料の施用がコシヒカリの生育に及ぼす影響

3. 薬剤施用が地上部乾物重および葉面積指数に及ぼす影響

薬剤施用が地上部乾物重および葉面積指数に及ぼす影響を図-2に示した。地上部乾物重は、各区とも有効分けつ決定期(8月5日)から、穂揃期(8月27日)にかけて急激に増加したが、それ以後は緩慢となった。各生育期における乾物重は、レンゲ区の方が休閒区よりやや大で、薬剤施用による違いは両区ともに明らかでなかった。葉面積指数は、生育の進行に伴って各区ともほぼ同様の値で推移したが、穂揃期(8月27日)で各区ともに最高値に達した。また、登熟後期(9月17日)になると、各区とも急激な低下がみられ、その程度は対照区で大きかったが、これは、倒伏の影響によるものと考えられた。

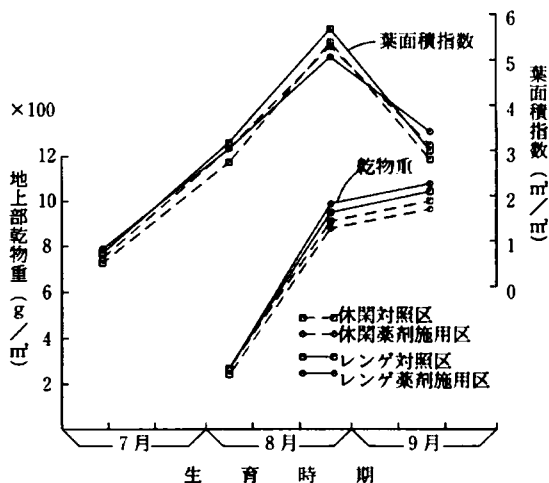


図-2 倒伏軽減剤入り肥料の施用がコシヒカリの地上部乾物重および葉面積指数に及ぼす影響

4. 薬剤処理が葉身長に及ぼす影響

表-2に最上位(止葉)を第1位葉として、第1位葉から第3位葉の葉身長を処理別に示した。葉身長を休閒区とレンゲ区とで比較すると、いずれの葉位においても、レンゲ区が対照区より長く、上位3葉の和で8%程度長くなった。薬剤処理が上位3葉に及ぼす影響については、いずれの葉身も短縮し、その短縮率は、第1、第2葉身で13~15%、第3葉身は2~4%であった。なお、薬剤施用効果は、レンゲ区が休閒区よりやや大きかった。

表-2 倒伏軽減剤入り肥料の施用が各葉身長に及ぼす影響

区 別	葉 身 長 (cm)			
	第1位葉	第2位葉	第3位葉	計
休閒 対照区	23.6 (100)	37.2 (100)	41.8 (100)	102.6 (100)
休閒 薬剤施用区	20.3 (86)	32.5 (87)	41.1 (98)	93.9 (92)
レンゲ 対照区	24.8 (100)	38.6 (100)	47.2 (100)	110.6 (100)
レンゲ 薬剤施用区	21.0 (85)	33.0 (86)	45.0 (97)	99.0 (90)

注) () 内の数字は対照区に対する比率

5. 薬剤施用が穂長、節間長および稈長に及ぼす影響

薬剤施用が穂長、節間長および稈長に及ぼす影響を表-3に示した。休閒とレンゲ区とを比較すると、穂長はいずれの区においても差異は認められなかった。各節間長(上から第1~第5)は、レンゲ区の方が休閒区に比べ長くなった。次に薬剤施用による短縮率は、穂長では4~5%、節間長では上位2節までは3~5%、第3節間~第4節間で7~12%、第5節間は30~37%で下位節間になるほど、その値は大きくなった。なお、レンゲ区が休閒区よりも、各節位間の短縮程度はやや大きかった。

表-3 倒伏軽減剤入り肥料の施用が穂長と各節間長に及ぼす影響

区 別	穂長(cm)	節 間 長 (cm)					計
		第1節間	第2節間	第3節間	第4節間	第5節間	
休閒 対照区	18.5(100)	35.6(100)	21.9(100)	18.4(100)	12.2(100)	3.7(100)	91.8(100)
休閒 薬剤施用区	17.8 (96)	34.5 (97)	20.8 (95)	16.5 (90)	11.0 (88)	2.6 (70)	85.4 (93)
レンゲ 対照区	18.2(100)	35.9(100)	23.6(100)	20.8(100)	12.4(100)	4.8(100)	97.5(100)
レンゲ 薬剤施用区	17.3 (95)	34.9 (97)	21.4 (95)	18.3(88.0)	11.5 (93)	3.0 (63)	89.1 (91)

注) () 内の数字は対照区に対する比率

6. 倒伏程度の推移

倒伏の推移を表-4に示した。降雨の影響により、休閒対照区およびレンゲ対照区でなびき型倒伏がみられた。登熟中期(9月16日)になると、両区の倒伏はさらに拡大したが、休閒薬剤処理区では、倒伏は全くみられなかった。しかし、収穫6日前(9月24日)では、対照区は強度の挫折型倒伏を示したが、薬剤施用区はなびき型倒伏で、その程度は軽微であった。なお、レンゲ区の倒伏程度は、休

閑区のそれよりも時期にかかわりなく、やや大きい値を示した。

表-4 倒伏軽減剤入り肥料の施用がコシヒカリの倒伏に及ぼす影響

区 別	9月8日	9月16日	9月24日
休閒 対照区	0.7	2.0	3.8
休閒 薬剤施用区	0	0	0.9
レンゲ 対照区	1	2.3	4.0
レンゲ 薬剤施用区	0	0.3	1.2

7. 倒伏軽減剤入り肥料の施用が収量関連形質、収量および収量構成要素に及ぼす影響

注) 倒伏程度 0~4

倒伏軽減剤入り肥料の施用が収量関連形質、収量および収量構成要素に及ぼす影響を表-5に示した。レンゲ対照区は休閒対照区に比べワラ重、穂数およびモミ数の増加がみられたが、激しい倒伏に基づく稔実低下によって収量はむしろ劣った。一方、薬剤施用によって休閒区、レンゲ区ともにモミ/ワラ比、登熟歩合および千粒重が増大した結果、対照区に比べてレンゲ区で10%、休閒区で4%程度の増収効果がそれぞれ認められた。

表-5 倒伏軽減剤入り肥料の施用が収量関連形質と収量および収量構成要素に及ぼす影響

区 別	稈長 (cm)	ワラ重 (kg/a)	モミ重 (kg/a)	モミ/ワラ比 (%)	穂数 本/m ²	一穂 モミ数(ヶ)	モミ数 個/m ²	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	粗玄米重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)
休閒 対照区	94.0 (100)	52.2	62.4	119.5 (100)	405 (100)	70.9	28,715 (100)	79.2 (100)	21.31 (100)	50.9	48.5 (100)
休閒 薬剤施用区	85.6 (91)	51.8	63.2	122.0 (102)	413 (102)	67.2	27,754 (97)	84.1 (106)	21.61 (101)	52.1	50.4 (104)
休閒 平均	89.8	52.0	62.8	121.0	409	69.1	28,235	81.7	21.46	51.5	49.5
レンゲ 対照区	99.3 (100)	57.0	61.8	108.4 (100)	429 (100)	67.8	29,086 (100)	78.6 (100)	20.45 (100)	50.1	47.8 (100)
レンゲ 薬剤施用区	88.2 (89)	58.2	65.4	112.4 (104)	419 (98)	69.9	29,288 (101)	84.3 (107)	21.26 (104)	53.7	52.5 (110)
レンゲ 平均	93.8	57.6	63.6	110.4	424	68.9	29,187	81.5	20.86	51.9	50.2

注) () 内の数字は対照区に対する比率

8. 玄米の粒厚別重量分布

玄米の粒厚別重量分布を表-6に示した。休閒区とレンゲ区との間には、明らかな差異はみられなかった。薬剤施用区は対照区に比べて、粒厚の薄い1.8mm以下の粒が減少し、粒厚の厚い2.0mm以上の粒が増大して

表-6 倒伏軽減剤入り肥料の施用が玄米の粒厚分布に及ぼす影響

区 別	2.2mm 以上	2.0	1.8	1.6	1.6mm 以下
休閒 対照区	4.4 (100)	59.1 (100)	31.7 (100)	2.3	2.5
休閒 薬剤施用区	3.8 (86)	67.2 (114)	25.8 (81)	1.4	1.8
レンゲ 対照区	8.7 (100)	55.8 (100)	30.9 (100)	2.4	2.2
レンゲ 薬剤施用区	7.0 (81)	63.4 (114)	25.5 (83)	1.5	2.6

注) () 内の数字は対照区に対する比率 (%)

おり、粒が充実し完全米比率が高まった。

考 察

レンゲの全量還元が水稻の増収効果をもたらすという報告^{5~7,21,22)}は少なくない。なかでも、筆者らの4ケ年にわたるレンゲの鋤込試験^{5~7)}によると、レンゲの還元は登熟歩合をやや低下させたものの、籾数と千粒重の増大によって、実に30%の増収を得ている。本試験の結果、レンゲ対照区は休閒対照区に比べて生育が優ったが、挫折型倒伏によって減収した。両者の異なる試験結果は品種の倒伏抵抗性の相違によるものと考えられた。ところで、鋤込まれたレンゲの含有窒素量^{7,21,22)}と、根粒菌により固定された全窒素量²²⁾はそれぞれa当たり2.7kg、0.4kgと推定され、かなりの地力窒素が富化したことになるので、レンゲ鋤込田でのコシヒカリの栽培にあたっては、倒伏を回避するために、施用窒素量、特に基肥窒素を大幅に抑える必要がある。

コープショートA28について国・公立試験場等で行われた試験成績73点の結果^{17~19)}によると、幼穂形成期の施用によって稈長は7%短縮し、倒伏は1,2段階の軽減がみられている。また、収量・収量構成要素は、単位面積当たりの総籾数と精玄米収量がそれぞれ6%増加し、登熟歩合、千粒重が変わらなかったとしている。

水稻の倒伏に関与する要素は多くあるが、なかでも上位葉身長、稈長および下位節間長が倒伏の軽減効果を判定する指標^{8~10,12~14,17~20)}として広く用いられている。すなわち、有効分げつ終止期から、節間伸長期にかけての過繁茂や、下位節間の伸長を抑制^{9,10,12,13,17~20)}することである。松崎¹⁴⁾松島^{12,13)}は上位葉身長が長くなると下部節間長も長くなり、倒伏程度は大きくなるとし、さらに市丸ら³⁾は上位3葉身長の和が100cm以内であることが望ましいとしている。本試験の薬剤施用効果は、上位葉身長の短縮程度が大きく、上位2葉身で13~15%短縮し、上位3葉の葉身長の和は休閒区で94cm、レンゲ区99cmとなり、市丸らの指摘どおりの望ましい状態を示した。

一般に水稻の安定多収の成否は、倒伏を如何に制御するかにかかっていると一言しても過言ではない。この倒伏抵抗性を高めるには、草丈や稈長を低くすることが有効なことはいうまでもない。松崎¹⁴⁾と松島^{12,13)}によると、稈長と下部節間長は正比例関係にあるとし、堀内⁹⁾、松島¹⁴⁾、および松崎^{12,13)}は下位節間が短いほど挫折型倒伏に強いと述べ、また、松島^{12,13)}は第3、第4節間長と倒伏程度との間には高い相関があると報告している。さらに、市丸ら³⁾によると、望ましい節間長は第3節間から第5節間の合計値が33cm以下であることを指摘している。本試験の結果も、薬剤施用によって第3節間から第5節間の短縮率が大きくなって休閒施用区で30.1cm、レンゲ施用区32.8cmをそれぞれ示し、市丸らの指摘どおりの形態となった。

収量をみると、薬剤施用により休閒区はa当たり50.4kg、レンゲ区のそれは52.5kgで、増収率はそれぞれ4%と10%であった。収量の分散分布表(表-7)の結果より、対象区と薬剤施用区との間では、20%危険率で判断すると薬剤施用によって収量が増加したことが推察される(分散比=4.418>F₁(0,2)=2.4)。この増収機構は、登熟歩合の向上と千粒重の増大によるものである。すなわち、薬剤施用により倒伏が著しく軽減されたために受光態勢が向上し、登熟期における葉面積の維持と、下位葉が健全となり、光合成活性が旺盛^{8,9,14,20,23)}となって増収したものとする。また、施用区

のモミ／ワラ比は、いずれも対照区のそれに比べ高い値を示したが、本谷⁴⁾、和田ら²³⁾はこの値が高いと転流能力が優れ、耐肥性が高くなると報告している。さらに、倒伏軽減剤の施用により、玄米の粒厚2.0mm以上の完全米比率が増大して、玄米の品質を改善する効果がみられた。

表-7 収量の分散分析表

要 因	平方和	自由 度	不偏分散	分 散 比
薬剤処理	21.7793	1	21.7793	4.418
レンゲ鋤込み	0.9785	1	0.9785	0.198
相互作用	3.9199	1	3.9199	0.795
誤 差	19.7207	4	4.9302	
合 計	46.3984	7		

以上より、幼穂形成期に倒伏軽減剤入り肥料を施用すると、上位葉身長と下位節間長がそれぞれ短縮化し、倒伏抵抗性を高めた結果、登熟期における光合性能を高く維持し、良食味品種コシヒカリの安定多収と品質向上を図ることができた。また、レンゲ鋤込み田は、多量の緑肥と根粒菌による窒素固定量によって水田土壤中の窒素含量が高くなり、かつこれら窒素は易分解性であるから、コシヒカりは過繁茂となって倒伏する危険性が高い。したがって、本試験の結果が示すように、この対策としての倒伏軽減剤入り肥料の施用が有効と結論される。

摘 要

コシヒカりは良食味品種であるが、登熟期において倒伏し易い欠点を有する。倒伏すると減収するばかりでなく、収穫作業にも問題を生じることになる。そこで本研究は倒伏軽減剤（コープショート A28）を幼穂形成期に施こし、コシヒカリの生育・収量および収量構成要素に及ぼす影響を検討したものである。なお、コシヒカりは休閒区とレンゲ鋤込区を設けてそれぞれ栽培した。

1. 倒伏軽減剤の施用は休閒区、レンゲ区ともに草丈、稈長で約10%、上位葉身長約14%、下位節間長（第3～第4）約14%、第5節間長約30%それぞれ短縮した。
2. 倒伏軽減剤の施用によって、生育後期における受光態勢が良好に保たれ、葉面積の低下はみられなかった。
3. 倒伏軽減剤の施用によって、倒伏が著しく軽減されたため、登熟歩合と千粒重がともに向上した結果、休閒区の収量はa当たり50.4kg、レンゲ区のそれは52.5kgが得られ、増収率はそれぞれ4%と10%であった。玄米の粒厚は、処理によって2.0mm以上の粒が増大し、完全米比率が高まった。
4. 以上よりレンゲ鋤込田における倒伏軽減剤入り肥料の施用によって、水稻コシヒカりは短稈化し、倒伏を回避できた結果、多収と品質向上を図ることができた。

引 用 文 献

- 1) 愛媛農試（1986）試験成績概要書, 2-3.
- 2) 愛媛農試（1991）試験成績概要書, 10-12.
- 3) 市丸喜久、金山弘（1989）上場地域における早期水稻コシヒカリの生育診断 第2報 形質と倒

伏の関係について。日作九支報 56:28-30。

- 4) 本谷耕一 (1968) 稲作多収の基礎条件 農文協。東京 154-182。
- 5) 堀内悦夫, 佐藤享, 杉本秀樹, 川合通資 (1982) 造成水田における作物の生産性に関する研究 (I) 数種裏作物の生育収量について。日作四支会 19:11-12。
- 6) 堀内悦夫, 佐藤享, 杉本秀樹, 川合通資 (1982) 造成水田における作物の生産性に関する研究 (II) 閑田初期における水稻の生育・収量について。日作四支会 19:13-14。
- 7) 堀内悦夫, 佐藤享, 杉本秀樹 (1985) 造成水田における作物の生産性に関する研究 (III) 飼・肥料作物のすき込み連用田における水稻の生育・収量。日作紀 54 別2 20-21。
- 8) 橋川潮 (1986) 稲作技術を再検討する (I) 生育調節技術の問題点。農業技術 44(9):425-429。
- 9) 堀内久満, 古賀義昭 (1989) 倒伏抵抗性。農業技術 44(9):425-429。
- 10) コーブケミカル㈱, 日本耕土産業㈱, 住友化学工業㈱ (1991) 水稻穂肥専用倒伏軽減入り肥料「SDF-21」技術資料試験成績のまとめ。
- 11) 松村安治, 福井春雄 (1962) 各種有機物の水田地力維持効果に関する試験。四国農業試験場報告 7:87-100。
- 12) 松島省三, 松崎昭夫 (1972) V字理論による安全良質稲作。農及口 47(6):851-856。
- 13) 松島省三 (1973) 稲作の改善と技術。養賢堂 東京 10-68。
- 14) 松崎昭夫 (1976) 作物・その形態と機能 下巻 登熟と多収性。養賢堂:147-163。
- 15) 村山登 (1982) 収穫漸減法則の克服。養賢堂 東京 1-233。
- 16) 農業技術大系 (1977) 作物編2 イネ生育調節剤。農文協 東京 56-60。
- 17) 日本植物調節剤研究会編 (1991) 夏作関係生育調節剤試験成績集録 (水稻編):515-540。
- 18) 日本植物調節剤研究会編 (1992) 夏作関係生育調節剤試験成績集録 (水稻編):431-444。
- 19) 大内誠悟, 関本均 (1991) 倒伏軽減剤入り肥料の開発と利用法。雑草とその防除 28:34-38。
- 20) 津野幸人 (1970) イネの科学 多収技術の見方考え方。農文協 東京 1-212。
- 21) 山崎欣多 (1959) 水田における「れんげ」の施用について。農及口 34:455-460。
- 22) 安江多輔 (1991) レンゲ栽培・利用の変遷と肥効及び地力増進効果。日作紀 60(4):583-592。
- 23) 和田源七 (1968) 水稻の同化産物の配分に関する研究 (I) 移植期を異にする水稻品種のモミ/ワラ比について。日作紀 37:394-398。

Summary

Koshihikari is one of the palatable varieties of paddy rice cultivated by farmers in Japan. However, it is susceptible to lodging especially at the grain filling stage, which reduces yield and presents problems during harvesting with the combined harvester. This study was undertaken to investigate the effects of application of fertilizer containing a growth retardant (Co-op shot A 28) at the panicle initiation stage on the growth, seed yield and yield components of Koshihikari variety of rice (*Oryza sativa* L.). The rice was grown in a fallowed paddy field and paddy field where Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) had been ploughed in.

1. In both the fallowed and Chinese milk vetch ploughed in plots, application of the growth retardant decreased culm length by 10% due to shortening of internode length.
2. The growth retardant decreased the length of upper leaves by 14%, thereby enhancing light interception characteristics of the plant without reduction in leaf area index.
3. As a result of the reduction in culm length, lodging rate was markedly reduced, which was accompanied by an increase in percentage of ripened grain and 1,000 seed weight. Consequently, the seed yield per are in the fallowed and Chinese milk vetch ploughed in plots were increased by 4 and 10%, respectively. Also, grain thickness was increased by more than 2.00 mm, and percentage of perfect grain was increased by the application of the growth retardant.
4. These results suggest that the application of the fertilizer containing growth retardant was effective in reducing lodging, and increased seed yield as well as improving the grain quality of Koshihikari variety of Japanese rice.