

水稲用有機入り基肥一括肥料の肥効パターン

椎谷彩加¹・佐藤俊栄²・高橋史寿²・韓 東生²・高橋能彦^{2*}

(2019年12月24日受付)

要 約

2015～2016年の2カ年、新潟大学新通圃場で水稲コシヒカリの栽培試験を実施した。試験は有機入り全量基肥一括施肥用肥料（有元2号）の肥効パターンと同肥料に追肥を加えた場合の生育・収量および品質等に与える効果を確認することが目的である。両年とも高温登熟条件ではなかった。有元2号に配合されている被覆尿素と有機原料からの窒素溶出・無機化パターンは7月後半にピークとなりほぼ追肥（穂肥）時期に対応した。慣行区に比べて有元2号区は生育後半の葉色や窒素吸収量が低下し、減収する傾向となり、産米品質もその他未熟粒が多くなり千粒重も低下した。これに対して有元2号区に追肥を実施した有元2号追肥区は穂揃期以降の生育が改善され、慣行区と同等の収量性が確保できた。

新大農研報, 72:7-11, 2020

キーワード：水稲、全量基肥、有機、緩効性

はじめに

近年の夏季高温化傾向で、産米の白濁による品質低下が大きな問題となる年が増加している（森田2011）。新潟県産米においても2010年の高温年において20.1%と極めて低い1等級米比率となった。これは8月の県内平野部（新潟市、長岡市、上越市）の平均気温が28.8℃と極めて高く推移したことが主要因であった。しかし、同等の気温で推移した隣県と比較しても1等級米比率は低い傾向であり、食味重視の低窒素栽培が過高温による障害を増幅した結果と考えられた（平成22年産米の品質に関する研究会2011、高橋2011）。新潟県は1995年頃から産米の食味向上のため、コシヒカリ栽培においては10a当たり基肥窒素3kg、追肥窒素2kg施用を基本とした低窒素施肥を推奨している。加えて、新潟県では減農業・減化学肥料栽培の取り組みが多く、それぞれを慣行の30%以上削減する特別栽培農産物等の栽培面積は平成26年度で78,121ha、50%以上削減する新潟県特別栽培農産物認証面積は15,167haである（新潟県農林水産部ホームページ）。この県認証の特別栽培米用の肥料として、同時に省力化も目的とした「有機入り全量基肥一括用肥料」が販売され、県内で普及している。当該肥料の普及により、肥料面から認証基準を達成し一括施肥により省力化も可能となるが、肥効切れによる後期栄養の確保が不十分な場合は高温登熟条件

で品質が不安定となる可能性が大きい。本研究は、当該肥料の肥効パターンの解明と水稲生育・収量および品質との関係を検討したものである。

材料および方法

栽培試験は新潟市西区新通の新潟大学農学部附属フィールド科学教育研究センター水田圃場で2015年と2016年の2カ年実施した。供試品種コシヒカリ BL 稚苗をそれぞれ5月9日と5月12日に機械移植（移植密度：30cm×15cm）した。施肥処理は①無肥料区（基肥、追肥とも無し）、②慣行区（基肥：化成N3kg 10a⁻¹、追肥：化成N2kg 10a⁻¹）、③元肥2号区（基肥：有機50% N4.5kg 10a⁻¹、追肥無し）、④元肥2号追肥区（基肥：有機50% N4.5kg 10a⁻¹、追肥：有機65% N1kg 10a⁻¹）の4処理区を設定した。施肥内容の詳細は表1に示す。各処理区は乱塊法で3反復とし、反復ごとの面積は5m×5mとした。施肥以外の管理は農場の慣行とした。

生育調査は移植30日後、最高分けつ期頃、幼穂形成期、穂揃期、成熟期に草丈（稈長・穂長）、茎（穂）数および葉色（SPAD502）を計測した。

有機入り基肥一括用肥料に配合されている緩効性被覆尿素（LP肥料）LPS100とLPSS100はそれぞれ現物3gをナイロンメッ

表1 施肥処理の内容

基肥肥料名	現物				追肥肥料名	現物				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	施用量 (g m ⁻²)		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	施用量 (g m ⁻²)	
無窒素区	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
慣行区	ニューさおとめ1号	25	3	4	3.5	穂肥500号	13.3	2	---	1.3
有元2号区	有機50スーパー元肥2号	37.5	4.5	2.6	2.4	---	---	---	---	---
有元2号追肥区	ク	37.5	4.5	2.6	2.4	α有機 S046号	10	1	0.4	0.6

¹ 新潟大学自然科学研究科（現在、新潟市農林水産部）

² 新潟大学農学部

* 代表著者：takahasi@agr.niigata-u.ac.jp

シュ袋に入れて圃場埋設し、定期的に回収した。LP肥料は硫酸・過酸化水素分解し、インドフェノール法でアンモニア態窒素を分析し（日本土壌協会2001）、窒素溶出パターンを解析した。

同じく配合されている植物質・動物質・乾燥菌体を原料とした有機資材は圃場埋設と室内定温培養で窒素無機化量を分析した。結果として圃場埋設は有機化や脱窒により試験精度が低かったため、室内培養で発現した窒素データから反応速度論的解析によりパラメータを算出し、圃場の地温から窒素無機化パターンを解析した（杉原ら1986）。

水稲地上部の窒素吸収量は最高分けつ期、幼穂形成期、穂揃期、成熟期に地上部を採取し、硫酸・過酸化水素分解してインドフェノール法で窒素分析した（日本土壌協会2001）。

成熟期に各区から坪刈り・稲架干した後、脱穀・粃すり・調整して、収量・収量構成要素等を解析した。各処理区の玄米を用い、(株)サタケの穀粒判別器RGQ120で整粒歩合・白未熟粒等を判別した。玄米タンパク質含量は静岡製機(株)の食味判定計TM-3500で判定した。

結果および考察

(1) 試験年の気象と生育・収量の概要

2015年は、登熟期間の天候が不順であった。8月25～26日に台風15号、9月は台風18号の影響により県内各地で強風や大雨となった。登熟中期以降は日平均・日最高気温ともに平年を下回り、日照時間も少なかった。2016年は、3月の降水量が少なく（新潟市平年：112.6mm、2016年：41.5mm）、3～5月合計の日照時間が多く（新潟市平年：505.1時間、2016年：580.6時間）乾土効果の発現が推測された。

登熟期間の気温として、出穂後20日間の新潟市の平均気温は、2015年は26℃（最高気温29℃、最低気温23℃）と高温登熟ではなかった。2016年も27℃（最高気温32℃、最低気温24℃）であり高温登熟年ではなかったが、登熟期全体の気温は平年と比べて高めに推移し、特に8月は日本海の高気圧や太平洋高気圧に覆われて晴れた日が多く、日照時間が平年を上回る日が多かった。

この結果、新潟県の産米収量は2015年が作況指数97、10a収量527kgでやや少なく、2016年は108、581kgと多くなった（農林水産省2017）。

(2) 試験圃場の気温、地温の推移

図1に圃場で計測した気温（センサー位置、地上60cm高）と地温（センサー位置、田面下5cm深）の推移を示す。2015年に比べると2016年は6月～7月の分けつ期の気温・地温が高く、登熟期間の気温・地温も高めに推移した。2015年の生育期間は気温・地温の変動が大きい傾向であった。

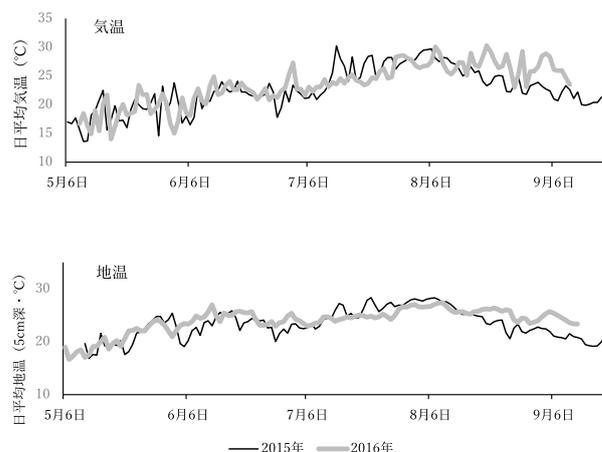


図1 栽培期間の気温と地温の推移



図2 肥料配合原料の窒素溶出・無機化特性（2016年）

(3) 被覆尿素および有機原料の窒素溶出・分解特性

2016年に配合原料である被覆尿素LPS100およびLPSS100を圃場に埋設し、定期的に回収した。回収した被覆尿素的残存窒素を分析して、期間ごとに溶出した窒素量を解析した。また、有機原料も土壌に混和して同様に埋設したが、硝化・脱窒あるいは有機化により無機化量を精度高く説明できる結果とならなかったため、室内培養の窒素無機化試験で反応速度論的解析を基に各パラメータを算出した。無機化は単純型であり、 $N=N_0(1-\exp(-kt))+C$ の式で表せた。Nは窒素無機化量、 N_0 は面積当たりに施用した可分解性窒素量を意味し、 N_0 は $2.92g\ m^{-2}$ で

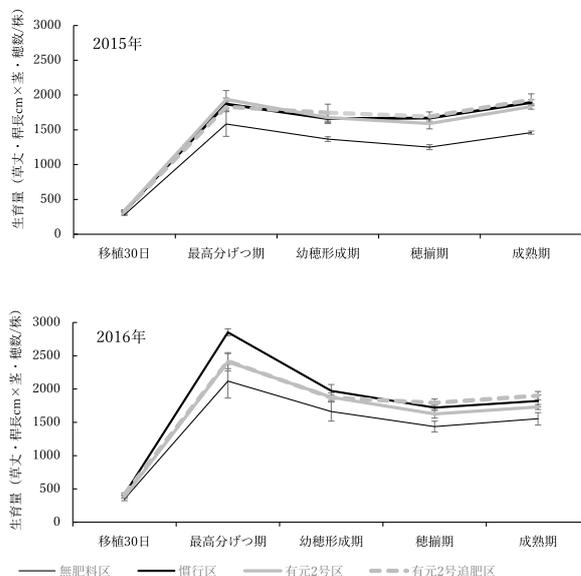


図3 水稲生育量の推移 エラーバーは標準誤差を示す。

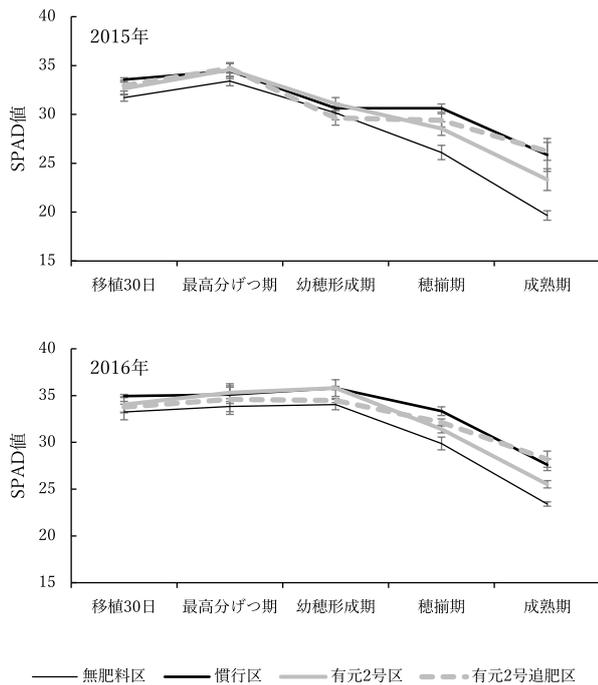


図4 葉色の推移 エラーバーは標準誤差を示す。

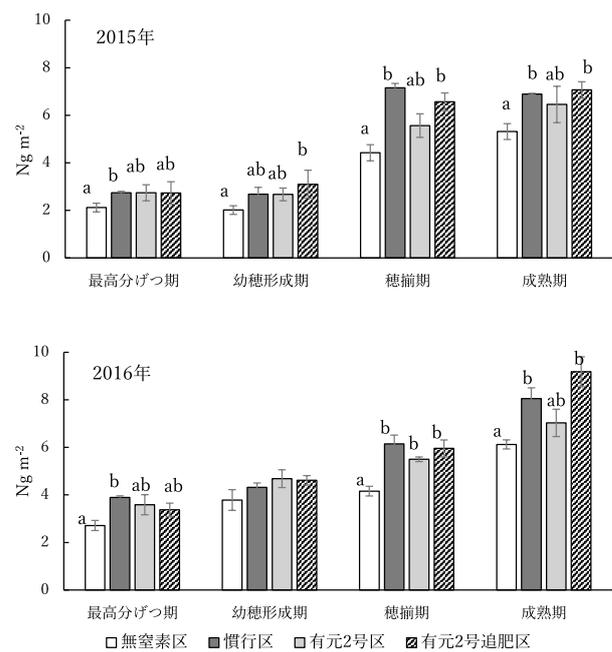


図5 稲体の窒素吸収量の推移 エラーバーは標準誤差、英異文字は5%有意差を示す。

表2 収量および収量構成要素

試験年	処理区	全重				穂数 (本 m ²)	1 穂粒数	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
		穀重	粗玄米重	精玄米重	(g m ²)				
2015	無窒素区	1409(87) a	681(36) a	547(29) a	501(27) a	376(17) a	740(1.5) a	227(0.0) a	83.0(1.3) b
	慣行区	1649(26) b	499(17) b	637(16) b	591(20) b	421(7) b	79.7(1.3) b	235(0.1) b	74.7(2.1) a
	有元2号区	1556(66) ab	747(21) ab	601(17) ab	555(17) ab	390(11) ab	77.5(2.7) a	229(0.1) a	78.2(0.3) a
	有元2号追肥区	1646(57) b	794(22) b	634(17) b	590(16) b	416(22) ab	79.6(0.2) b	235(0.1) b	78.6(1.5) ab
2016	無窒素区	1625(41) a	770(21) a	631(16) a	603(14) a	384(8) a	82.4(0.2)	21.7(0.1) a	89.6(0.9)
	慣行区	1940(92) b	927(36) b	735(96) b	701(20) b	427(12) b	84.2(1.2)	22.4(0.1) b	86.6(1.6)
	有元2号区	1868(41) ab	876(26) ab	705(21) b	667(21) ab	423(4) b	78.4(2.1)	21.7(0.1) a	88.2(0.9)
	有元2号追肥区	1894(13) b	919(6) b	741(5) b	702(6) b	439(2) b	87.6(0.3)	22.0(0.1) ab	88.3(0.7)

() は標準誤差、英異文字は5%水準有意差を示す。

あった。kは無機化速度定数(標準温度25℃、日⁻¹)であり0.004日⁻¹であった。Cは反応前の無機態窒素で-0.01g m⁻²であった。tは培養日数を示す。このパラメータと地温を基に有機資材の窒素無機化パターンを解析した。図2にLP肥料2種類および有機原料からの窒素溶出・無機化量を示す。本来の追肥に比べればかなりブロードな溶出・無機化であるが、7月後半に溶出・無機化のピークがあり追肥時期に相当しており、追肥代替として妥当な窒素供給パターンと判断できた。

(4) 生育量および葉色の推移

図3および図4に生育量(草丈・稈長×茎・穂数)と葉色(SPAD502)の推移を示す。2015年の無肥料区の生育量は低く推移したが、他の処理区は同様に推移した。2016年は最高分げつ期で慣行区の生育量が有意に旺盛となったが、幼穂形成期以

降は3処理区で明確な差がなくなった。2015年の葉色は無肥料区と有元2号区で低下する傾向であり、出穂期葉色は27と28で基準の32(新潟県農林水産部2017)を下回った。有元2号追肥区の出穂期葉色は30と慣行区と有元2号区の間となり穂揃期以降も慣行区と同様の葉色で推移した。2016年は各処理区とも2015年より高めの葉色で推移したが、出穂期では無肥料区29、有元2号区30と基準より低かったが、慣行区と有元2号追肥区は基準の32を満たした。

(5) 稲体の窒素吸収量

最高分げつ期から成熟期の稲体窒素吸収量を図5に示す。両年とも有元2号追肥区は慣行区と同様の窒素吸収量で推移した。一方、有元2号区は慣行区より有意に窒素吸収量が低下した。両年の気象条件や栽培条件の場合、慣行 N5g m⁻²の施肥量

表3 玄米の品質とタンパク含量

試験年	処理区	整粒	白未熟粒	青未熟粒	その他未熟粒	胴割粒	玄米タンパク
		(%)					
2015年	無窒素区	55.1(0.62)	1.9(0.33)	0.3(0.15)	40.2(0.79)	0.6(0.15)	4.93(0.07)
	慣行区	64.1(3.32)	3.8(0.81)	0.8(0.21)	27.9(3.84)	0.9(0.26)	5.47(0.17)
	有元2号区	56.7(0.97)	2.0(0.18)	0.6(0.12)	37.5(1.76)	0.8(0.26)	5.17(0.07)
	有元2号追肥区	60.4(1.51)	3.0(0.27)	0.8(0.37)	33.3(2.04)	0.4(0.17)	5.30(0.12)
2016年	無窒素区	62.8(6.88)	11.0(4.71)	0.4(0.18)	23.8(2.22)	0.8(0.22)	4.93(0.24)
	慣行区	62.3(1.90)	12.2(2.67)	1.0(0.52)	22.5(1.25)	0.2(0.10)	5.55(0.35)
	有元2号区	63.4(3.80)	7.3(3.85)	1.4(0.19)	26.3(0.60)	0.2(0.07)	5.40(0.10)
	有元2号追肥区	65.5(1.25)	7.0(0.53)	0.1(0.03)	20.2(0.38)	4.4(0.85)	5.83(0.07)

() は標準誤差を示す。

素量で栽培指針(新潟県農林水産部2017)に従った10%窒素減肥(N4.5g m⁻²)では生育後期の窒素栄養が不足する結果となった。

(6) 収量および収量構成要素

表2に収量とその構成要素を示す。2カ年とも慣行区に比べて有元2号追肥区は同等の穂数、一穂粒数、千粒重を確保し精玄米重も同等であった。有元2号区は2015年で穂数が減少、2016年では1穂粒数が減少、千粒重は両年とも低下して減収する傾向であった。無窒素区の収量性は大きく低下したが、粒数が少ないために登熟歩合は他区より高い傾向であった。有元2号両区の登熟歩合も慣行区より高まる傾向であった。

(7) 産米品質および玄米タンパク含量

表3に玄米の品質とタンパク含量を示す。2015年は無窒素区<有元2号区<有元2号追肥区<慣行区の順で整粒歩合が高く、要因はその他未熟粒の減少で説明できた。玄米タンパクも同じ順位で高くなった。玄米への窒素転流に応じてデンプン転流も多くなった結果であった。2016年の整粒歩合は無窒素区≒慣行区≒有元2号区<有元2号追肥区の順となった。有元2号区と有元2号追肥区は白未熟粒が少なくなる傾向であり、有元2号追肥区はその他未熟粒も低下したが、胴割粒が多くなっ

た。無窒素区と慣行区の玄米タンパク含量は2015年と2016年で同等であったが、有元2号区と有元2号追肥区では2015年より2016年の玄米タンパクが増加した。ただし、両年の全ての区でコシヒカリの玄米タンパク含量が6.0%(15%水分)を超えることはなく、食味への影響はないと判断できた。

引用文献

- 平成22年産米の品質に関する研究会(2011)、平成22年産新潟米の品質低下要因と対策について、新潟県農林水産部、1-39
 森田敏2011、イネの高温障害と対策、農山漁村文化協会、32-123
 日本土壤協会2001、土壌・水質及び植物体分析法、日本土壤協会、p74
 新潟県農林水産部、水稻栽培指針2017、93-99
 新潟県農林水産部ホームページ、<http://www.pref.niigata.lg.jp/nosaengei/1356821687647.html/> (2017/12/21参照)
 杉原進・今野隆光・石井和夫1986、土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法、農環研報、1、19-86
 高橋能彦2011、2010年水稻高温障害の発生と今後の対応、農林水産技術研究ジャーナル、9、56-61

Fertilizer response of organic compounded one shot basal fertilizer for paddy rice

Ayaka SHIYA¹, Toshiei SATOH², Fumitoshi TAKAHASHI², Dong-Sheng HAN² and
Yoshihiko TAKAHASHI^{2*}

(Received December 24, 2019)

Summary

In the 2 years from 2015-2016, we cultivated paddy rice cv. Koshihikari, at Shindori field, Niigata University. To objective of the experiment was to clarify the effect on growth, yield and quality of paddy rice when adding additionally topdressing to one shot basal dressing (Organic compounded one-shot basal fertilizer: OBF).

Both years were not high temperature during ripening period. The nitrogen elution/mineralization pattern from coated urea and organic materials blended in OBF peaked in late July, corresponding to almost topdressing stage. Compared with the conventional treatment, the OBF treatment tended to decline with decreasing leaf color and nitrogen absorption in the latter half of the growing period, and there was also a lot of other immature grains in the production brown rice, and 1,000-gain weight were also reduced. On the other hand, OBF plus topdressing improved the growth after the full heading time, and it was possible to secure the same yielding ability as the conventional treatment.

Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 72:7-11, 2020

Key words : paddy rice; one shot application; organic fertilizer; slow release fertilizer

¹ Graduate School of Science & Technology, Niigata Univ.

Present address: Agriculture, Forestry and Fisheries Department of Niigata City

² Faculty of Agriculture Niigata Univ.

* Corresponding author: takahasi@agr.niigata-u.ac.jp