

水稲収穫後の再生イネの生長および乾物収量と飼料化の可能性

有房詩織¹・石川尚人^{2*}・加藤盛夫²・

林 久喜²・軽部 潔³・菅原慶子³

¹筑波大学生命環境学群生物資源学類
305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

²筑波大学大学院生命環境科学研究科
305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

³筑波大学農林技術センター
305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

要 旨

本研究の目的は水田における再生イネの乾物収量を調査することにより、再生イネの飼料としての利用可能性を検討することである。農林技術センター試験水田において食用水稲2品種を手植え栽培し、成熟期に刈り高処理2処理で刈り取り、再生イネの乾物収量を測定することにより、栽培条件、刈り高、再生条件の影響について調査した。また、機械移植圃場における再生イネの乾物収量調査を行った。その結果、再生イネの生育には、一期作の移植・収穫時期、刈り取り高さおよび収穫後の土壌水分などの圃場条件が大きく影響を与えることが明らかとなった。再生イネの乾物収量は、多くても一期作の20%と推定されるが、茨城県の全水田面積で本試験の再生イネの最高収量が得られた場合には、同県の全肉用牛の426日分の飼料に相当すると試算された。これらの結果から、再生イネは飼料としての利用可能性が高い資源であると考えられた。

キーワード：乾物収量，再生イネ，飼料

緒 言

食の安全および安全保障の両面から食料自給率の向上が我が国の今後の重要課題として論じられている。特に畜産物では牛肉の自給率は43%とされるが、その中で国産飼料を用いて生産された牛肉は11%に過ぎない（農林水産省2008）など、現在の輸入飼料に依存した畜産業では真の自給率は著しく低く、2007年の世界的な穀物価格の高騰により生産基盤の脆弱性が鮮明に

* Corresponding Author: ishikawa@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

なった。食の安全・安全保障を確保するためには自給率の向上が必要となるが、国土の狭い我が国では新たな草地や飼料畑の造成は難しいことから、生産調整田での飼料イネの栽培が増加しつつある（蔦谷2001）。飼料イネ利用については籾の消化率の低さなどの問題があり（山本ら 2005, 山本ら2008）、籾の破碎や濃厚飼料としての利用などについて様々な利用法が現在検討されている。一方、食用イネを収穫した後の水田の利用や収穫後の再生イネ（ひこばえ）の利用については、これまで検討した例は少なく（大西・堀江1990, 吉田・穂園 1995）、農地利用の面から従来の水田で食用米を収穫した後に生育する再生イネを飼料化できれば、より有効に水田を利用できる。減反政策が行われる以前は西日本、特に比較的气温の高い高知県などでは再生イネは食用として収穫され、再生二期作が行われていた（田所ら1999）。一方、関東の気候条件では再生イネから食用米が収穫できる程の生長は見られなかった。しかし近年、関東においても再生イネが結実に至るまで生長する例が見られ、 136 gm^{-2} の玄米収量が報告されている（秋田ら1997）。また、再生イネを利用した放牧飼育も試みられている（Dairy Japan 関東支局だより 2009）。再生イネの旺盛な生長がみられるようになった原因は複数あると思われるが、温暖化による収穫期の早期化および水稲収穫期以降（9～11月）の気温の上昇（図1）が大きな要因と考えられる。この未利用生物資源である再生イネを飼料として利用することにより、効率的に飼料自給率を向上させることが可能であると考えられる。そこで本研究では食用イネの収穫後の再生イネの乾物収量を調査することにより、飼料としての再生イネの利用可能性を検討した。

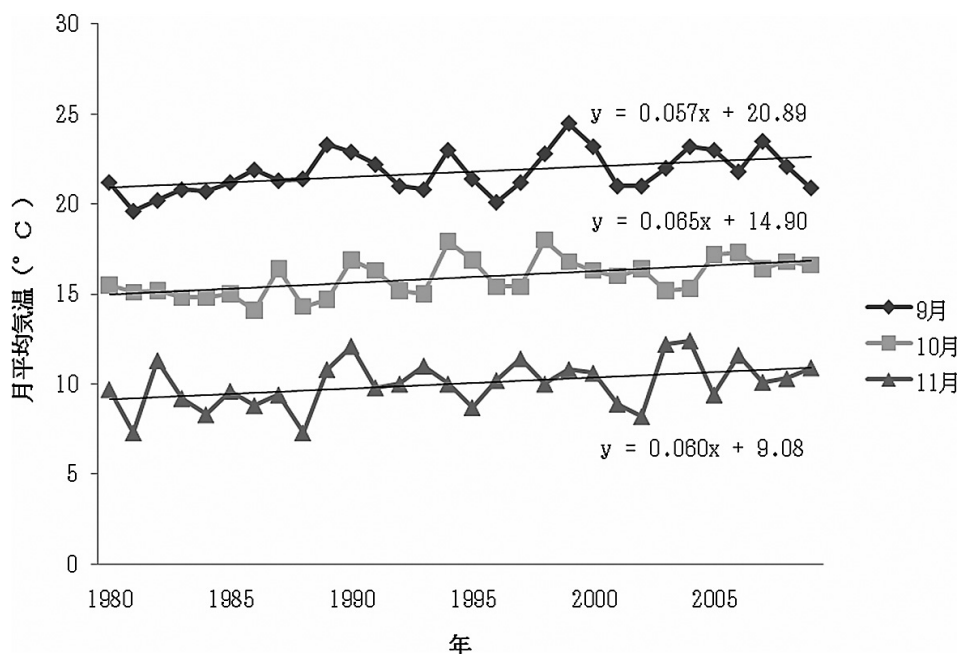


図1 つくば市における過去30年の水稲収穫後3ヶ月（9月、10月および11月）の月平均気温の変化。
 (データ：気象庁気象観測情報データベース <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>.
 つくば気象観測所データ)

材料および方法

イネ (*Oryza sativa* L.) 中生品種コシヒカリおよび早生品種あきたこまちを2008年4月19日に株播育苗箱に播種し、5月16日に5葉苗を栽植密度22.2株 m⁻²、1株1本植えて農林技術センター試験圃場に手植え移植した。基肥としてN 5 gm⁻²、P₂O₅ 12 gm⁻²、K₂O 12 gm⁻²施用し、分けつ盛期にN 3 gm⁻²を追肥した。試験区は1区あたり7.5 m²の3反復とした。それぞれの収穫期に刈り高10cm および20cm で刈り取った。この一期作収穫時に各反復から穂数中庸の3株を選び、葉身、稈+葉鞘、穂および基部に分けて80℃ で4日間通風乾燥後、重量を測定した。刈取り後50日以降、再生したイネを各反復からランダムに5個体ずつ地際から収穫して、草丈、刈り株茎数、再生茎数および葉数を測定してから、刈り株部と再生部に分け、80℃ で3日間通風乾燥後、重量を測定した。さらに窒素栄養状態の指標として葉緑素計 (SPAD-502, コニカミノルタ) を用いて収穫時に最上位完全展開葉の中心部の SPAD 値を測定した。試験区とは別にコシヒカリ収穫後の機械植え圃場から再生イネをランダムに10個体ずつ収穫し、試験圃場と同様に乾物重、草丈、SPAD 値、刈り株茎数、再生茎数、葉数を測定した。さらに比較として試験圃場で同様に手植え移植栽培した早生品種藤坂5号の再生イネについても同様に調査を行った。再生イネを採取した機械植え圃場の栽培履歴および玄米収量については表1に示した通りである。

表1 再生イネを採取した機械移植圃場の栽培履歴および玄米収量。

品種	圃場	移植日	収穫日	施肥量 (N-P-K gm ⁻²)	栽植密度 (株 m ⁻²)	玄米収量 (gm ⁻²)	備考
コシヒカリ	3号圃	4/28	8/27	6.3-3.5-2.5	19.3	332	特別栽培1年目 ¹
コシヒカリ	4号圃	4/21	8/27	6.3-3.5-2.5	22.0	409	特別栽培3年目 ¹
コシヒカリ	7号圃	5/16	9/17	8.0-8.0-5.3	20.1	379	慣行栽培 ²

注1) 肥料 どきどき有機一発 (有機69%, N-P-K=12-7-5, コーブケミカル)
 2) 肥料 ゆうた君一発 (有機30%, N-P-K=12-12-8, コーブケミカル)

結果および考察

試験圃場における刈り高処理が再生イネの生長に与える影響について表2に示した。草丈は刈り高10cm区よりも20cm区において高くなる傾向が見られた。刈り株茎数に対する再生茎数の発生率は、有意差はないが10cm区 (あきたこまち: 50.8%, コシヒカリ: 54.7%) よりも20cm区において高かった (あきたこまち: 61.2%, コシヒカリ: 68.2%)。しかし、1茎あたりの新葉展開数は約4枚で、SPAD値にも品種・刈り高による差は見られなかった。

表2 刈り高処理が再生イネの生長に及ぼす影響。

品種	一期作			再生イネ						
	収穫日	稈長 (cm)	再生 日数	刈り高	草丈 (cm)	刈り株茎数 (本/株)	再生茎数 (本/株)	再生茎発 生率 ² (%)	1茎 葉数	SPAD ³
あきたこまち	8/28	78.5	56	10cm	41.7	12.3	6.1	50.8	4.1	30.8
				20cm	46.4	13.1	7.4	61.2	4.1	30.0
コシヒカリ	9/8	88.7	52	10cm	44.9	18.1	9.6	54.7	4.0	31.8
				20cm	46.4	16.9	11.1	68.2	4.0	33.7

注1) 3反復の平均値。すべての項目でt-検定により品種内で刈り高間に5%水準で有意差がない。

2) 刈り株茎数に対する再生茎数の割合 (%)。

3) 最上位完全展開葉の SPAD 値。

一期作の器官別乾物重および刈り高が再生イネの乾物収量に及ぼす影響について表3に示した。再生イネの再生茎の乾物収量は、刈り高10cm区（あきたこまち：66 gm⁻²，コシヒカリ：75 gm⁻²）よりも刈り高20cm区（あきたこまち：86 gm⁻²，コシヒカリ：97 gm⁻²）において高い傾向が見られた。再生茎の乾物収量が一期作乾物重，刈り株重および再生茎乾物重を合計した積算乾物収量に占める割合は，あきたこまち10cm区で6.2%，20cm区で8.1%，コシヒカリ10cm区で5.6%，20cm区で7.6%と，10cm区よりも20cm区において高い傾向が見られた。これらの結果から刈り高が高い方が，即ち刈り株の残存部が多い方が再生イネの生育が良いものと考えられる。

表3 一期作の器官別乾物収量および刈り高が再生イネの乾物収量に及ぼす影響。

品種	刈高	一期作器官別乾物重 (gm ⁻²)					再生イネ乾物収量 (gm ⁻²)			積算乾物収量①+② (gm ⁻²)	
		葉身	稈+葉鞘	穂	基部	収穫部計①	地上部計	刈り株茎	再生茎		合計②
あきたこまち	10cm	126a	250a	583a	115a	958a	1074a	43a	66a	109a	1067a
	20cm	112a	202a	583a	186a	898a	1084a	77b	86a	163a	1061a
コシヒカリ	10cm	182a	352a	657a	149a	1190b	1339a	75a	75a	150a	1340a
	20cm	168a	268a	621a	215b	1058a	1272a	119b	97a	216b	1274a

注) 3反復の平均値。同一英小文字はt-検定により品種内で刈り高間に5%水準で有意差がないことを示す。

一方，刈り高10cmおよび20cmどちらの区においても，早生品種であるあきたこまちよりも中生品種であるコシヒカリの方が再生イネの乾物収量が高い傾向が見られた（あきたこまち：66～86 gm⁻²，コシヒカリ：75～97 gm⁻²）。早生品種で一期作の収穫が早いあきたこまちの方が再生イネの生育が良いと予想していたが，逆の結果となった。同様に刈り株茎の乾物収量および積算乾物収量もあきたこまちの方が低い傾向があった。早生品種は栄養生長期間が短く，生殖生長に移行するのが早いことから，一期作の草丈が低かったことおよび分けつが少なかったことなどが影響していると考えられる。

機械植え圃場のコシヒカリおよび試験圃場の藤坂5号における再生イネの生長および乾物収量を表4に示した。圃場によって再生茎発生率は大きく異なり，乾物収量にも大きな差が見られた。7号圃は再生茎発生率が最も高い（107%）にも関わらず，再生茎の乾物収量が最も少なかった（99 gm⁻²）。これは再生日数が少ないことが一因であると考えられる。移植日が最も早い4号圃で再生茎の乾物収量が最も高かったが（209 gm⁻²），4号圃と収穫日が同じである3号圃はやや低め（116 gm⁻²），移植・収穫ともに最も遅い7号圃で最も低かった。これらの結果より刈り取り前の生育期間および再生日数が再生イネの乾物収量に影響し，一期作の移植・収穫時期が早く，再生日数が長い方が再生イネの乾物収量は増加すると考えられる。しかし，一期作の収穫日が同じである3号圃と4号圃においても大きな差が見られ，その一期作の玄米収量にも大きな差が見られたことから，再生イネの生長には圃場の地力が大きく影響するのではないかと考えられる。これらの機械植え圃場の結果と比較すると，試験区の再生イネの乾物収量は全体的に著しく低い（66.6～97.7 gm⁻²）。小林ら（2004）が収穫翌日に湛水すると再生イネの生育が著しく劣ったことを報告していることから，これは試験圃場の一期作収穫直後に4日連続の降雨があり，その4日間（8月28～31日）の積算降水量は200mm（気象庁つくば気

象観測所データベース)にも達し刈株が冠水したこと、さらに、隣接試験区の都合により水を十分に抜くことができなかったことによるものと考えられる。

表4 機械移植圃場および藤坂5号における再生イネの生長および乾物収量。

品種	圃場	再生 日数	草丈 (cm)	刈り株茎数 (本/株)	再生茎数 (本/株)	再生茎発 生率(%)	1茎 葉数	SPAD	乾物収量 (g m ⁻²)		
									刈り株茎	再生茎	合計
コシヒカリ	3号圃	57	52.6	18.6	9.0	49.6	3.9	31.5	44	116	160
コシヒカリ	4号圃	57	57.2	18.5	13.0	71.7	3.8	29.7	71	209	281
コシヒカリ	7号圃	36	43.4	19.4	21.2	107.3	3.8	31.5	46	99	145
藤坂5号 ²	試験圃場	43	70.9	15.0	11.4	76.5	4.0	36.3	93	205	297

注1) 各圃場10株の平均値。乾物収量は、株平均乾物重と面積当たり平均株数の積から推定。

2) 試験圃場において、刈取り高さ試験と同様に手植え栽培。

本調査で得られた再生イネの乾物収量は最大で209 g m⁻²であった(4号圃)。機械植え圃場の一期作の乾物収量は測定していないので、これを試験圃場のコシヒカリ刈り高10cm区の一期作収穫部の乾物収量(1190 g m⁻², 表3)と比較すると約18%になる。

イナワラの一般的な消化率は40~60%である(永西ら1995)。再生イネの消化率を50%と仮定し、その消化率をさらに可消化養分総量(TDN)と仮定して、本実験で得られた再生イネの乾物収量の最高値(209 g m⁻²)を用いて、茨城県での再生イネの潜在的な飼料資源量を試算した。茨城県の主食用水稲作付面積77400ha(2008年)から再生イネのTDN生産量は80883tと算出される。このTDN生産量は600kgの肉用ウシのTDN要求量6.8kg/日(肉用牛飼養標準2000年版)から換算すると、茨城県で飼養されている全肉用牛27900頭の426日分の飼料相当のバイオマスと推定される。さらに多様な水田条件や秋・冬作物の作付面積を考慮した試算が必要であると考えられる。

以上の結果から、再生イネの生育には一期作の移植・収穫時期、圃場の地力、刈取り高さおよび水管理などの栽培条件が大きく影響を与えることが明らかとなった。また、再生イネの乾物収量は多くても一期作の20%弱程度であるが、茨城県の全水田分と同県の全肉用牛の最大426日分の飼料となり、潜在的なバイオマスは少なくないことが示された。今後、再生イネの栽培条件などの検討とともに飼料としての利用を前提とした飼料価値の検討が必要である。

謝 辞

本研究のまとめにあたり、永西修地球温暖化チーム長(農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所)には温かい御指導並びに貴重な御助言を頂きました。ここに厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 秋田重誠・尹 炳星・安東郁男・長野間宏 1997. 1994年に茨城県南部において見られた再生稲の収量および食味. 日作紀. 66: 131-132.
- Dairy Japan 関東支局だより 2009. 飼料稲を利用した和牛の周年放牧の成果. 2009年12月14日. (オンライン), 入手先 <<http://dairyjapan.com/kanto/?m=20091214>>, (参照2010-3-3).

- 永西 修・四十万谷吉郎・太田久稔 1995. 稲 (*Oryza sativa* L.) の品種・系統の違いによる稲わらの化学成分と *in vitro* 乾物消化率の差異. *Grassland Science*. 41: 152-155.
- 小林良次・佐藤健次・服部育男 2004. 水管理と株の踏圧がポット栽培条件における飼料イネの再生に及ぼす影響. *日草誌*. 53: 109-113.
- 農林水産省 2008. 「食料の未来を描く戦略会議」資料集. 第2部我が国の食料事情. (オンライン), 入手先 <http://www.maff.go.jp/j/study/syoku_mirai/pdf/data2-2.pdf>, (参照2010-3-3).
- 大西政夫・堀江 武 1990. 水稻の青刈り利用と再生稲の子実生産に関する研究. *日作紀*. 59: 419-425.
- 田所 学・亀島雅史・山本由徳・中村幸生 1999. 高知県南国市における水稻再生二期作栽培の事例. *日作紀*. 68: 580-583.
- 葛谷栄一 2001. 飼料イネの生産の取組実態と課題. *農林金融*. 2001 (3): 146-168.
- 山本泰也・水谷将也・乾 清人・浦川修司・平岡啓司・後藤正和 2005. 乳牛におけるイネホールクロップサイレージを用いた混合飼料の飼料特性. *日草誌*. 51: 40-47.
- 山本泰也・乾 清人・浦川修司・平岡啓司・後藤正和 2008. イネホールクロップサイレージ主体混合飼料中の粗飼料由来 NDF 含量の違いが泌乳牛の子実消化性および乳生産に及ぼす影響. *日草誌*. 54: 217-222.
- 吉田智彦・穂園咲子 1995. 早期水稻再生芽の生長に関する研究. *日作紀*. 64: 1-6.

Growth, Dry Matter Yield and its Feed Usage of Ratoon Rice Growing Up After Harvest for Food

Shiori ARIFUSA¹, Naoto ISHIKAWA^{2*}, Morio KATO²,
Hisayoshi HAYASHI², Kiyoshi KARUBE³ and Keiko SUGAWARA³

¹ College of Agrobiological Resources, University of Tsukuba Tennodai 1-1-1,
Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan

² Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba
Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan

³ Agricultural and Forestry Research Center, University of TsukubaTennodai 1-1-1,
Tsukuba, Ibaraki, 305-8577, Japan

Abstract

The objective of the present study is to evaluate the possibility of the use of ratoon rice as feed for ruminant by investigating the dry-matter yield of ratoon rice. Two varieties of rice were cultivated in the experimental fields in Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba. At harvest plants were reaped at both the height of 10 cm and 20 cm above ground level and measured the dry-weight of aboveground parts. After about 50 days of the first harvest, ratoon crop was harvested and measured the growth characteristics and dry-weight. Moreover, growth and dry-matter yields of ratoon rice in conventional fields were measured. It was demonstrated that growth period, water management and cutting height affected the growth of ratoon crop. The dry-matter yield of ratoon crop accounted for less than 20% of the first crops. From results obtained, ratoon crop in paddy field have potentiality to use as forage.

Key words: Dry matter yield, Feed, Ratoon rice

* Corresponding Author: ishikawa@sakura.cc.tsukuba.ac.jp