

越冬ライムギの肥効を利用したレタス減肥栽培技術の開発

誌名	長野県野菜花き試験場報告
ISSN	02861321
著者名	矢口,直輝 鮎澤,純子 出澤,文武
発行元	長野県野菜花き試験場
巻/号	17号
掲載ページ	p. 33-43
発行年月	2021年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



越冬ライムギの肥効を利用したレタス減肥栽培技術の開発

矢口直輝・鮎澤純子・出澤文武*

Development of Lettuce Fertilizer-Reduction Technology Using the Fertilization Effect of Overwintering Rye

Naoki Yaguchi, Junko Aizawa, Fumitake Idezawa

Abstract

In the lettuce production region in Nagano Prefecture, rye and oat are cultivated between late autumn and early spring, with the purpose of inhibiting the incident of soil diseases, reducing wind erosion, and replenishing organic matter. However, a method for skillfully employing the nutrient elements included in these green manures for the objective of decreasing the quantity of fertilizer used due to succeeding lettuce production has not been resolved. In this examination, for rye that can be overwintered, the sowing time, the adequate period of plowing in, the nitrogen mineralization rate, the potassium elution rate, and the practicality of nitrogen and potassium reduction were reviewed. Consequently, it was made clear that it was possible to obtain the amount of nitrogen and potassium required for lettuce growth when rye was seeded in early to mid-October and plowed in at a plant height of about 30 cm in early April. Additionally, it was indicated that nitrogen in the succeeding lettuce could be reduced by 30%–50% and potassium could be reduced by 50%. Moreover, it became evident that the fitting plowing time can be extended for about 25 days through the employment of early/late maturity times of rye varieties.

Key Words: Fertilizer reduction (Nitrogen, Potassium), Green manure, Lettuce, Rye

結 言

長野県は夏季の冷涼な気候を生かして5~10月にレタスが栽培され、夏秋レタスの出荷量は全国の約7割を占める。産地の中には半世紀にわたって作付けが繰り返されている産地があり、連作により土壌養分バランスに偏りが見られる。このバランスの適正化と余剰養分による環境負荷を軽減することが課題となっている(山田ら, 2005年)。

緑肥作物は土壌病害の発生抑制, 表土の風食低減, 有機物の補給, 土壌残存養分の回収・再利用等を目的に導入されており(長野県・全農長野, 2014年), 長野県の露地ほ場のレタス産地においては, 晩秋~早春の休閑期にイネ科緑肥(ライムギ, エンバク)の導入が普及している(出澤, 2017年)。エンバクは冬期に枯死するのでやむを得ないが, 越冬するライムギでも年内にすき込まれる場合が多く, 分解後溶出した窒素・カリ等の栄養成分は降雨・降雪等により下層に流亡してしまい, 有効利用されていない。一方, 肥料原料の大半を輸入に依存している我が国では, 2008年の

肥料価格の高騰に見られるように国外の肥料需要の増加に伴って国内への供給は今後, 不安定になることも予想される。緑肥作物の窒素, カリ等の栄養成分を後作に生かすことができれば, 肥料節減が可能となり農業生産の持続性が保たれることになる。

本研究では越冬ライムギのすき込みが露地全面マルチ栽培初夏どりレタスの生育に及ぼす影響について解明し, 減肥栽培技術を確立したので報告する。

材料及び方法

1. ライムギ播種時期とすき込み時の草丈及び窒素吸収量

レタスを栽培した場内ほ場(アロフェン質淡色黒ボク土, 標高750m)の後作として2013年10月10日, 21日, 及び11月1日に極早生ライムギ(商品名: 緑肥用ライムギ(雪印種苗))を無施肥で10kg/10a散播した。播種後, 覆土するため, ロータリーで5~10cm程度表層攪拌し, 鎮圧はしなかった。調査は, 翌年の3月18日, 28日及び4月11日に行った。播種時期ごとに単位面積(0.25m²)あたりの地上部を採取(2反復)し, 草丈と収量を調査した。また, 収穫した試料を60

*現在 長野県農業大学校

℃で50時間通風乾燥し、粉砕機(大阪ケミカル(株)製ワンダーブレンダーWB-1)で微粉砕後、CNコーダー(ヤナコ(株)製CNコーダーMT-700)を用いた乾式燃焼法により乾物試料中の窒素含量を求め、全重から吸収量を求めた。なお、ライムギ播種前の土壌無機態窒素量は1.5mg/100g乾土、可給態窒素量(80℃16時間水抽出法)は2.2mg/100g乾土であった。

2. すき込んだライムギの窒素分解率

すき込んだライムギの窒素の肥効を推定するために、埋設法により窒素分解率を調べた。2012年10月26日と2013年11月1日に播種、翌年4月に採取したライムギ地上部から新鮮重で10gを供試し、1~2cmに細切したのち2mmで篩い分けした生土壌(乾土30g相当量)とともに不織布袋(トキワお茶パックL W105×H110mm)に入れて混合してからレタス栽培ほ場の深さ10~15cmに埋設して、120日間の窒素分解率を調べた。経時的に回収した試料は60℃で50時間乾燥した後、土壌とともに微粉砕し、窒素含量を測定して分解率を調べた。

3. すき込みがレタス全面マルチ作業に及ぼす影響

すき込んだライムギが全面マルチ機のロータリーに絡まるなど、作業性の低下が懸念されたため、2013~2014年に場内ほ場で、極早生ライムギ(商品名:緑肥用ライムギ)のすき込みが、後作レタスのマルチ被覆作業に及ぼす影響について検討した。すき込み時の草丈は約30cmとし、30馬力のトラクターにロータリーを装着して、すき込み時を含め2~3回耕起した際のライムギのロータリーへの絡まり程度とその後のマルチ被覆作業時の畝の崩れ、マルチの破れ等を目視で観察した。

4. すき込み後のレタス栽培における窒素減肥試験

2013~2014年:場内ほ場において、前年秋に極早生ライムギ(商品名:緑肥用ライムギ)を無施肥で10kg/10a散播し、翌春すき込み後の初夏どりレタス栽培における減肥の可能性について検討した。ライムギとレタスの耕種概要を第1表、第2表に示す。レタスは全面白黒マルチ被覆を行い、栽植密度 条間45cm×株間27cm(8,230株/10a)で栽培した。供試ライムギの生育と養分吸収量は第8表に、供試土壌の化学性は第9表に示した。場内ほ場は、堆肥の施用及び残渣のすき込みを10年以上していないため、可給態窒素は2.6mg/乾土100gと低い条件である。ライムギすき込み後のレタス試験区は、基肥窒素減肥率を0,30,50,100%の4水準設定し(追肥はなし)、生育・収量に及ぼす影響を調査した。対照区は、ライムギすき込み無しで、基肥窒素を10kg/10aとした。なお、試験区、

対照区ともにリン酸は13kg/10a、カリは10kg/10aを施用した。

2015~2016年:塩尻市現地ほ場(アロフェン質淡色黒ボク土、標高750m)において、場内試験と同様の基肥窒素減肥試験を行った。ライムギ(品種名:クリーン(カネコ種苗))を2014年と2015年の秋無施肥で8kg/10a散播し、翌春すき込み後の初夏どりレタス栽培における窒素成分の減肥可能性について検討した。ライムギとレタスの耕種概要を第1表、第2表に示す。レタスの栽培方法、栽植密度は場内試験と同様である。供試ライムギの生育と養分吸収は第12表に、供試土壌の化学性は第13表に示した。現地ほ場は可給態窒素が5~6mg/乾土100gと場内ほ場よりは高い条件である。ライムギすき込み後のレタス試験区は、基肥窒素減肥率を30,50,80,100%の4水準設定し(追肥はなし)、生育・収量に及ぼす影響を調査した。対照区は、ライムギすき込み無しで、基肥窒素を2015年は8kg/10a、2016年は10kg/10aとした。なお、試験区、対照区ともに2015年はリン酸10kg/10a、カリ8kg/10a、2016年はリン酸13kg/10a、カリ10kg/10aを施用した。

第1表 ライムギの耕種概要

試験年	品 種	播種日	播種量 (kg/10a)
2013年	緑肥用ライムギ	2012年10月26日	10
2014年	緑肥用ライムギ	2013年11月1日	10
2015年	クリーン	2014年10月10日	8
2016年	クリーン	2015年10月19日	8

*窒素・リン酸・カリ無施肥

第2表 レタスの耕種概要

試験年	品 種	ライムギ			
		すき込み	施肥	定植	収穫
2013年	スターレイ	4月10日	4月30日	5月10日	6月20日
2014年	スターレイ	4月17日	5月7日	5月14日	6月26日
2015年	シナノスター	3月28日	4月17日	4月30日	6月12日
2016年	シナノスター	3月26日	4月17日	4月26日	6月14日

*条間45cm×株間27cm、8,230株/10a、白黒全面マルチ

5. すき込んだライムギのカリウム溶出率

すき込んだライムギのカリウムの肥効を推定するために、2014年10月10日に播種したライムギ(商品名:緑肥用ライムギ)の地上部及び根を4月15日に採取し、根を水洗後、水分を拭き取ってから冷蔵庫に保存し、翌16日に茎葉を切断せず新鮮重で200gをポリエチレン製ネット(メッシュサイズ1×1.5mm、W30cm×H60cm)に入れ、場内ほ場の10cmの深さに埋設した。土壌の混入を最小限とするためライムギは細切しなかった。埋設8日後、14日後、28日後、63日後に回収して陰干した後土壌を落としてから60℃で50時間乾燥した。微粉砕し、硫酸・過酸化水素分解した後、カリウム含量を原子吸光光度法で測定して溶出率(分解

率)を調べた。

6. すき込み後のレタス栽培におけるカリ減肥試験

2016年：場内ほ場において前年秋にライムギ(品種名：クリーン(カネコ種苗))を無施肥で10kg/10a散播し、翌春すき込み後の初夏どりレタス栽培におけるカリ減肥の可能性について検討した。ライムギとレタスの耕種概要を第3表、第4表に示す。供試ライムギの生育及び養分吸収量は第17表に、供試土壌の化学性は第18表に示した。ライムギすき込み後のレタス試験区は、基肥カリ減肥率0, 50, 70, 100%の4水準設定し(追肥はなし)、レタスの生育・収量に及ぼす影響を調査した。対照区は、ライムギすき込み無しで基肥カリを10kg/10aとした。なお、試験区、対照区ともに窒素10kg/10a、リン酸13kg/10aを施用した。

2015～2016年：塩尻市現地ほ場(アロフェン質淡色黒ボク土、標高750m)において前年秋にライムギ(品種名：クリーン(カネコ種苗))を無施肥で10kg/10a散播し、翌春すき込み後の初夏どりレタス栽培におけるカリ減肥の可能性について検討した。ライムギとレタスの耕種概要を第3表、第4表に示す。供試ライムギの生育及び養分吸収量は第17表に、供試土壌の化学性は第18表に示した。ライムギすき込み区は、2015年は基肥カリ減肥率0, 13, 38%の3水準、2016年は基肥カリ減肥率50, 70, 100%の3水準を設定し(追肥はなし)、生育・収量に及ぼす影響を調査した。なお、基肥窒素は一律50%減肥し、2016年のカリ100%減肥区については窒素も100%減肥した。対照区は、ライムギすき込み無しで、2015年は基肥窒素・基肥カリともに8kg/10a、2016年は基肥窒素・基肥カリともに10kg/10aを施用した。なお、試験区、対照区ともにリン酸の施肥量は、2015年が10kg/10a、2016年は13kg/10aとした。

第3表 ライムギの耕種概要

試験年	試験場所	品種	播種日	播種量(kg/10a)
2016年	場内	クリーン	2015年10月19日	10
2015年	現地	クリーン	2014年10月10日	10
2016年	現地	クリーン	2015年10月19日	10

*窒素・リン酸・カリ無施肥

第4表 レタスの耕種概要

試験年	試験場所	品種	ライムギ			
			すき込み	施肥	定植	収穫
2016年	場内	エスコート	3月31日	4月12日	5月2日	6月20日
2015年	現地	ステディ	3月28日	4月18日	4月26日	6月7日
2016年	現地	エスコート	3月26日	5月2日	4月25日	6月14日

*条間45cm×株間27cm、8,230株/10a、白黒全面マルチ

7. 品種間差を利用したライムギすき込み時期拡大の検討

春先のライムギの生育は旺盛ですき込み適期の幅は狭く、単一のライムギ品種ではすき込み作業が集中してしまう。そこでライムギの早晩性を利用してすき込み適期幅を拡大できないか、超極早生～晩生(2017年時点での種苗会社カタログ表記による)の市販14品種(第5表)を供試して検討した。ライムギ栽培試験は、場内ほ場で2015年と2016年に実施し、2015年は10月20日に播種して翌年4月～5月に収穫時期、養分吸収量、C/N比等を調査した。2016年は10月12日に播種して、翌年の3～5月に草丈30cm時及び収穫時の養分吸収量、C/N比等を調査した。播種量は、両年とも8kg/10a(散播)とした。場内ほ場は堆肥を施用せず前作無作付けであったため、10a当たり窒素10kg、リン酸10kg、カリ10kgを硫酸、重焼りん、塩化加里により施用した。

第5表 供試品種とその特徴

品種名	早晩性	会社名	品種の特徴
ダッシュ	超極早生	カネコ種苗	越冬性やや劣る、根こぶ病菌密度低減
春一番	極早生	雪印種苗	越冬性高、早春の萌芽、生育が早い
クリーン	極早生	カネコ種苗	越冬性高、キタネグサレセンチュウ抑制
ハルミドリ	極早生	カネコ種苗	越冬性高、収量性が高い
緑春	極早生	雪印種苗	越冬性高、早春の低温伸長性が優れる
エルボン	早～中生	タキイ種苗	耐寒、草丈高く耐倒伏性が強い
キングライ麦	早生	タキイ種苗	耐寒、草丈高く耐倒伏性が強い
TRY-1	中晩生	タキイ種苗	越冬性高、キタネグサレセンチュウ抑制
春香	晩生	雪印種苗	分けつ多く多収
緑肥用(晩生)	晩生	タキイ種苗	越冬性高、収量性が高い
R-007	中晩生	雪印種苗	越冬性高、キタネグサレセンチュウ抑制
ライコッコⅢ	極早生	雪印種苗	ライコムギ、耐寒、耐倒伏
改良ライコーン	早生	カネコ種苗	ライコムギ、耐寒、耐倒伏
ライダックス	中晩生	カネコ種苗	ライコムギ、太茎で根張良好、耐倒伏

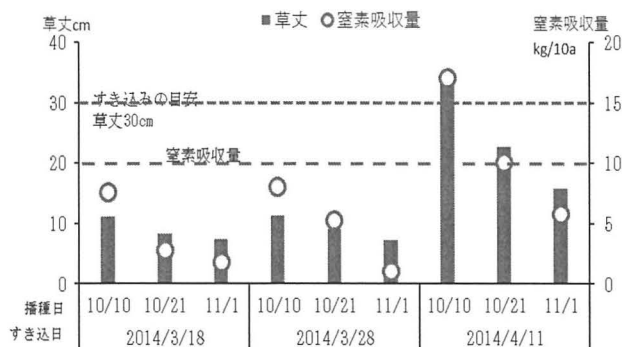
早晩性、品種の特徴はカタログ等による。

結果及び考察

1. ライムギ播種時期とすき込み時の草丈及び窒素吸収量

播種時期が遅くなるほど、翌春の草丈と窒素吸収量は低下するという明瞭な傾向が認められた(第1図)。ライムギは無施肥としたことから、第1図でライムギが吸収した窒素は、土壌に残存していたものである。本研究の目的は、緑肥としてのライムギが吸収(回収)した土壌残存窒素を、後作レタス栽培で再利用することにある。そこで、長野県のレタスの標準的な窒素施肥量である10kg/10aを目安として、ライムギの播種とすき込み適期を推定すると、10月10日播種・4月11日すき込みでは窒素吸収量約18kg/10a(草丈34cm)、10月21日播種・4月11日すき込みでは窒素吸収量約11kg/10a(草丈23cm)であったことから、レタスの生育に必要な窒素量を確保できるのは、10月上～中旬播種、4月上旬すき込みであると判断した。また、すき込み時の草丈と窒素吸収量は概ね比例する関係がみ

られ、草丈が 20 cm 以上あれば、窒素吸収量は 10a 当たり 10 kg 以上確保できると推計できる(第1図)ことから、現場でのすき込み適期の目安は、ライムギの草丈 20~30 cm であると考えられた。

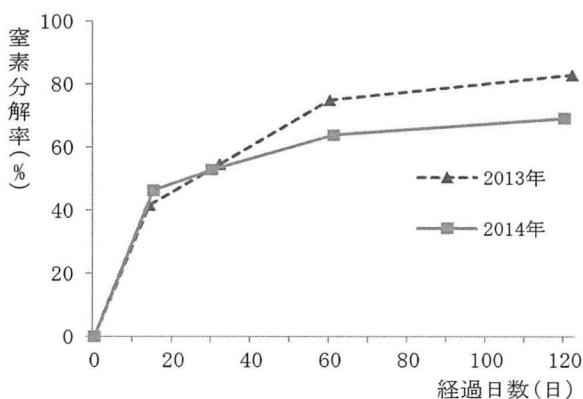


第1図 ライムギの播種・すき込み時期と草丈、窒素吸収量の関係

2. すき込んだライムギの窒素分解率

緑肥をすき込み、後作物の生育に役立てるためには、緑肥窒素の無機化過程を把握することが重要である(今野・菊池, 1996年)。

埋設試験の結果、草丈 20~30 cm ですき込んだライムギの窒素は、すき込み後 30 日で 54%、60 日で 64~75%、120 日で 70~82% 程度分解した(第2図)。このことから、すき込んだライムギの窒素は、後作レタスの定植(すき込み 30 日後)までに約半分、収穫(すき込み 70 日後)までに 7 割程度分解することがわかった。すき込み時期を草丈 30cm 程度としているため、C/N 比は 10 程度であり(第6表)、土壌の物理性改善等を目的とした一般的な麦のすき込み時期である出穂期の C/N 比 29(第25表)より大幅に低いいため分解率は高かった。



第2図 ライムギの窒素分解率の変化

第6表 埋設試験に供したライムギの耕種概要及び窒素含有率・C/N比

試験年	播種日	埋設日	草丈 (cm)	窒素含有率 (%)	C/N比
2013年	2012年10月26日	2013年4月5日	30	5.6	7.7
2014年	2013年11月1日	2014年4月16日	22	3.6	11.7

*ライムギ品種「緑肥用ライムギ」(雪印種苗) 10kg/10a播種 無施肥栽培
**2014年は2月の大雪の影響で生育が遅延し、埋設時期を11日遅らせた。

3. すき込みが全面マルチの被覆作業に及ぼす影響

草丈 30cm 前後のライムギを 30 馬力のトラクターを用いてすき込んだ場合、すき込みからマルチ被覆作業まで約 20 日空ければ、畝の崩れやマルチの破れは発生せず、作業性に影響しないことを確認した(第7表)。

第7表 すき込み条件とマルチがけ時の作業性 (2013~2014年)

トラクター 馬力	すき込み時		すき込み後~施肥マルチ		マルチ被覆作業時	
	耕深	すき込み時の 耕うん回数 ²	耕うん 回数	所要日数	畝の崩れ	マルチの 破れ
30PS	約20cm	2回	1~2回	約20日	無	無

²トラクター: 主1速・副2速、PTO: 1回目1速・2回目2速、正転で耕耘

4. すき込み後のレタス栽培における窒素減肥試験 場内試験

すき込み時のライムギの生育及び養分吸収量を第8表に示す。供試土壌(第9表)における初夏どりレタスの調整重は、ライムギが順調に生育した 2013 年は基肥窒素 30%減肥区において対照区よりも有意に重く、0%、50%減肥区においては同等であった。一方、2014 年は大雪とそれに伴う残雪によってライムギの生育が遅れすき込む植物量(窒素量)が減少したため、調整重は、基肥窒素 0~50%減肥区において対照区と同等であった(第10表)。全重新鮮重、乾物重も調整重と同様の傾向であった。

一方、レタスの窒素含有率は、窒素減肥 50%までは対照区と同等であったが、100%減肥区では低い年があった。窒素吸収量も窒素含有率と同様の傾向を示したが、2014 年の 50%減肥区で対照区よりもやや少なくなった。これは外葉重が少なかったためであり、調整重及び窒素含有率は対照区とほぼ差がなかったため、同等と判断した(第11表)。これらのことから、堆肥を施用していない地力窒素の低いほ場においてもライムギすき込み後の初夏どりレタス栽培では、基肥窒素を 50%減肥した 5kg/10a にできると考えられた。

現地試験

すき込み時のライムギの生育及び養分吸収量を第12表に示す。供試土壌(第13表)における初夏どりレタスの調整重は、2015 年には 30、50、80%減肥区で対照区と有意差は認められなかった。2016 年は統計的に

は30, 50%減肥区で有意な差は認められなかったものの50%減肥区は対照区よりもやや軽い傾向が認められた(第14表)。全重新鮮重, 乾物重も調整重と同様の傾向であった。

一方, レタスの窒素含有率は, 2015年は30, 50%減肥区で対照区よりもやや高く, 80~100%減肥区で対照区と同等であった。2016年は30%減肥区では対照区並みであったが, 50%減肥区では対照区に比べて0.3

%低かった(第15表)。

これらの結果から考えると, 基肥窒素量は, 2015年(基肥窒素10kg/10a)が50%減肥した5kg/10a, 2016年(基肥窒素8kg/10a)が30~50%減肥した4~5.6kg/10aにできると考えられた。

場内試験及び現地試験の結果から越冬ライムギをすき込んだ場合の基肥窒素は30~50%程度減肥可能(基肥窒素10kg/10aとすると3~5kg/10a)と考えられた。

第8表 場内ほ場におけるすき込み時のライムギの生育と養分吸収量

試験年	草丈 (cm)	新鮮重 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物重 (kg/10a)	C/N比 ^z	含有率 (乾物%)			吸収量 (kg/10a)		
						窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
2013年	33	2,142	14.1	303	8.8	4.5	1.6	5.5	13.6	4.8	16.6
2014年	22	847	19.2	163	12.9	3.2	0.8	4.3	5.2	1.2	6.9

2012年10月26日は種 2013年4月10日すき込み 栽培日数166日

2013年11月1日は種 2014年4月17日すき込み 栽培日数167日 (2014年2月に大雪が降り、ほ場に長期間雪が残った。)

z 茎葉の値。他は茎葉+根の値。2年とも無肥料で栽培。

第9表 ライムギすき込み前の場内ほ場の土壌化学性

試験年	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	mg/100g乾土							可給態窒素 ¹⁾
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	TruogP ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		
2013年	6.5	0.05	0.6	0.4	24	35	444	82	-	
2014年	-	-	1.7	0.9	17	63	387	77	2.6	

1) 80°C16時間水抽出法による可給態窒素量 2) - は未測定

第10表 場内ほ場における初夏どりレタスの収量

ライムギ ^z 有無	窒素 減肥率 (%)	2013年			2014年				
		調整重 (g/株)	z	全重新鮮重 (kg/10a)	乾物重 (kg/10a)	調整重 (g/株)	z	全重新鮮重 (kg/10a)	乾物重 (kg/10a)
無	0(対照)	502	b	7,019	289	484	a	5,666	261
有	0	525	b	7,284	283	492	a	5,765	249
有	30	577	a	7,814	308	475	a	5,568	255
有	50	540	ab	7,608	286	481	a	5,542	247
有	100	446	c	6,347	245	285	b	3,456	169

z Tukey-Kramer法による多重比較検定の結果、異符号間で5%水準の有意差有り
条間45cm×株間27cm、8,230株/10a

第11表 場内ほ場における初夏どりレタスの窒素吸収量

ライムギ 有無	窒素 減肥率 (%)	2013年		2014年	
		窒素含有率 (%)	窒素吸収量 (kg/10a)	窒素含有率 (%)	窒素吸収量 (kg/10a)
無	0(対照)	3.0	8.8	2.8	7.3
有	0	3.1	8.9	3.0	7.6
有	30	3.1	9.6	2.8	7.1
有	50	3.3	9.4	2.7	6.6
有	100	3.1	7.7	2.3	3.9

第12表 現地ほ場におけるすき込み時のライムギの生育と養分吸収量

試験年	草丈 (cm)	新鮮重 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物重 (kg/10a)	C/N比	窒素 リン酸 カリ			窒素 リン酸 カリ		
						含有率(乾物%)			吸収量 (kg/10a)		
2015年	27	3,998	14.2	566	9.3	4.4	1.2	5.7	25.0	6.6	32.1
2016年	32	4,116	13.3	547	9.6	4.1	1.1	5.0	22.6	6.1	27.6

2014年10月10日は種 2015年3月28日鋤込み 栽培日数169日
2015年10月19日は種 2016年3月26日鋤込み 栽培日数159日

第13表 ライムギすき込み前の現地ほ場の土壌化学性

試験年	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	mg/100g乾土					可給態窒素 ¹⁾
					TruogP ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		
2015年	6.4	0.06	1.5	0.9	54	60	431	45		4.9
2016年	6.5	0.11	2.4	3.2	55	65	644	69		5.9

1) 80°C16時間水抽出法による可給態窒素量 (mg/100g)

第14表 現地ほ場における初夏どりレタスの収量

ライムギ 有無	窒素 減肥率 (%)	2015年			2016年				
		調整重 (g/株)	z	全重新鮮重 (kg/10a)	乾物重 (kg/10a)	調整重 (g/株)	z	全重新鮮重 (kg/10a)	乾物重 (kg/10a)
無	0(対照)	542	ab	6,795	329	613	a	6,933	341
有	30	547	a	7,089	320	598	a	7,065	365
有	50	576	a	7,516	349	552	ab	6,766	349
有	80	499	bc	6,413	289	493	bc	5,971	315
有	100	481	c	6,135	296	470	c	5,579	309

z Tukey-Kramer法による多重比較検定の結果異符号間で5%水準の有意差有り
条間45cm×株間27cm, 8230株/10a

第15表 現地試験における初夏どりレタスの窒素吸収量

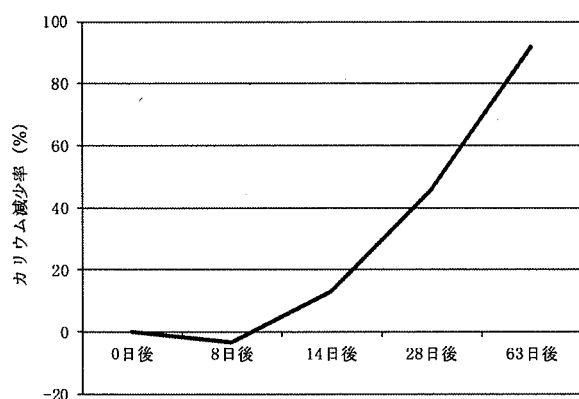
ライムギ 有無	窒素 減肥率 (%)	2015年		2016年	
		窒素含有率 (%)	窒素吸収量 (kg/10a)	窒素含有率 (%)	窒素吸収量 (kg/10a)
無	0(対照)	3.11	10.2	3.01	10.2
有	30	3.52	11.2	3.09	11.3
有	50	3.32	11.5	2.69	9.4
有	80	3.11	8.9	2.48	7.8
有	100	3.14	9.2	2.41	7.4

5. すき込んだライムギのカリウム溶出率

埋設試験に供したライムギは、草丈40cmに達したため、30cmに比べC/Nはやや高い条件であったが(第16表)、埋設8日後以降カリウムは経時的に減少した。減少を溶出とみなすとカリウムはすき込み後28日で46%、63日で92%が溶出した(第3図)。このことから、すき込んだライムギのカリウムは、後作レタスの定植までに約半分、収穫までに9割程度溶出することがわかった。実際は、すき込み時にロータリーで切断されるため、溶出日数はもう少し短縮される可能性が高いと考えられる。なお、緑肥中のカリウムは95%が水溶性画分である(後藤・江口, 1997年)ことから土壌に溶出しやすいことが分かっている。第17表の場内試験を例にとると、レタスの収穫期にあたるすき込み70日後にはライムギ由来のカリウムを15kg/10a(16.2kg/10a×90/100)程度利用できる状況であった。

第16表 埋設試験に供したライムギの耕種概要及び窒素含有率・C/N比(2015年)

播種日	埋設日	草丈(cm)	窒素含有率 (%)	C/N比
2014年10月10日	2015年4月16日	40	2.4	17.5



第3図 すき込み後のライムギのカリウム減少率

6. すき込み後のレタス栽培におけるカリ減肥試験

場内試験

すき込み時のライムギの生育及び養分吸収量を第17表に示す。カリ飽和度2%の供試土壌(第18表)における初夏どりレタスの調整重は、基肥カリ50~100%減肥区間において対照区と同等もしくは同等以上であった(第19表)。これは、2014年の試験結果と同様であった(データ略)。全重新鮮重及び乾物重も調整重と同様の傾向であった。

一方、レタスのカリ含有率は、カリ減肥70%までは対照区の95%程度、100%では88%であった(第19表)。また、レタス収穫後の土壌のカリ含量は、ライムギをすき込んだ場合、カリ100%減肥区でも対照区と同程度であり、すき込みなしのカリ100%減肥区よりも多かった(第20表)。長野県の土壌診断におけるカリ減肥基準ではカリ飽和度5%未満は減肥しないことになっているが(長野県他, 2012年)、ライムギ中のカリ含量(16.2kg/10a(第17表))と溶出率(9割)から14.6kg/10a程度のカリが供給されるため、カリ含量の少ない土壌条件下でカリを70%程度削減しても対照区と同等の調整重が得られたと考えられた。

現地試験

すき込み時のライムギの生育及び養分吸収量を第17表に示す。カリ飽和度4%(2015年, 2016年)の供試土壌(第18表)における初夏どりレタスの調整重は、基肥窒素50%減肥をベースにした条件下で、2015年は基肥カリ13, 38%減肥区間、2016年は基肥カリ50%減肥区で同等であった(第21表, 第22表)。両年とも、全重新鮮重及び乾物重は調整重と同様の傾向であった。

一方、レタスのカリ含有率は、2015年がカリ減肥13, 38%区で対照区より高く(第21表)、2016年は50, 70, 100%区で対照区と同等であった(第22表)。また、2016年のレタス栽培終了後の土壌中のカリの残存量はカリ50~100%減肥区で対照区と同等であった(第23表)(2015年は調査未実施)。これらのことから、一般的に可給態窒素量が多い現地ほ場では、ライムギすき込み後の初夏どりレタスの基肥窒素を50%減肥した5kg/10a程度とした上

に、カリを50%削減した5kg/10aにできると考えられた。

第17表 カリ減肥試験におけるすき込み時のライムギの生育及び養分吸収量

試験年	試験場所	草丈 (cm)	新鮮重 (kg/10a)	乾物率 (%)	乾物重 (kg/10a)	C/N比	含有率(乾物%)			吸収量(kg/10a)		
							窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
2016年	場内	34	3,247	19.9	645	23.1	1.7	0.6	2.5	11.2	4.0	16.2
2015年	現地	27	3,998	14.2	566	11.9	4.4	1.2	5.7	25.0	6.6	32.1
2016年	現地	32	4,116	13.3	547	9.6	4.1	1.1	5.0	22.6	6.1	27.6

2016年場内: 2015年10月19日は種 2016年3月31日鋤込み 栽培日数164日
2015年現地: 2014年10月10日は種 2015年3月27日鋤込み 栽培日数168日
2016年現地: 2015年10月19日は種 2016年3月26日鋤込み 栽培日数158日

第18表 カリ減肥試験におけるライムギすき込み前のほ場の土壌化学性

1	試験場所	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	mg/100g乾土				可給態窒素	CEC meq/100g乾土	加飽和度 %
						TruogP ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO			
2016年	場内	5.8	0.09	0.5	1.2	30	23	500	80	1.7	26	2
2015年	現地	6.4	0.06	1.5	0.9	54	60	431	45	3.7	34	4
2016年	現地	6.5	0.11	2.4	3.2	55	65	644	69	5.9	34	4

土壌採取日: 場内は3月28日。現地2015年は3月27日、2016年は3月28日(2016年はすき込み2日後に採取)。

第19表 場内ほ場での初夏どりレタスの収量(2016年)

ライムギ 有無	カリ減肥 率(%)	調整重 (g/株)	z	全重新鮮重 (kg/10a)	乾物重 (kg/10a)	含有率(乾物%)			吸収量(kg/10a)		
						窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
無	0(対照)	432	b	5131	251	2.5	0.6	5.8	6.2	1.6	14.6
無	100	399	b	4674	256	2.4	0.6	4.3	6.1	1.5	11.0
有	0	501	a	5751	271	2.7	0.7	5.6	7.2	1.9	15.2
有	50	500	a	5547	290	2.2	0.7	5.5	6.3	1.9	15.8
有	70	493	a	5647	287	2.5	0.6	5.5	7.2	1.8	15.8
有	100	425	b	5063	267	2.3	0.7	5.1	6.0	1.8	13.7

窒素は減肥せず10kg/10a施用。

z Tukey-Kramer法による多重比較検定の結果異符号間で5%水準の有意差有り

第20表 場内ほ場におけるレタス栽培終了時の土壌の化学性(2016年)

ライムギ 有無	カリ減肥 率(%)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	mg/100g乾土			
						TruogP ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
無	0(対照)	6.81	0.08	0.5	1.1	42	32	551	71
無	100	6.84	0.07	0.2	2.3	39	25	523	68
有	0	6.83	0.07	0.6	1.2	46	38	541	69
有	50	6.80	0.08	0.2	1.2	44	30	471	70
有	70	6.74	0.09	0.4	1.4	49	35	573	73
有	100	6.78	0.08	0.5	1.1	49	34	559	69

試験ほ場の80℃16時間水抽出法による可給態窒素量は2.0mg/100g

第21表 現地ほ場での初夏どりレタスの収量及び養分吸収量 (2015年)

ライムギ 有無	窒素減肥 率(%)	カリ減肥 率(%)	調整重 (g/株)	全重新鮮重 (kg/10a)	乾物重 (kg/10a)	含有率(乾物%)			吸収量(kg/10a)		
						窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
無	0	0(対照)	542	6,795	329	3.1	0.6	6.9	10.2	2.1	22.6
有	50	0	576	7,516	349	3.3	0.7	7.6	11.6	2.4	26.6
有	50	13	552	7,144	331	3.4	0.7	8.5	11.3	2.2	28.2
有	50	38	542	6,987	321	3.5	0.7	8.6	11.1	2.3	27.6
分散分析 ^z			NS								

^z NS: 有意差なし

第22表 現地ほ場での初夏どりレタスの収量及び養分吸収量 (2016年)

ライムギ 有無	窒素減肥 率(%)	カリ減肥 率(%)	調整重 (g/株)	z	全重新鮮重 (kg/10a)	乾物重 (kg/10a)	含有率(乾物%)			吸収量(kg/10a)		
							窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
無	0	0(対照)	613	ab	6,933	341	3.0	0.7	6.1	10.3	2.5	20.9
有	50	50	637	a	7,063	369	2.9	0.7	7.0	10.6	2.5	25.6
有	50	70	563	b	6,611	353	2.8	0.7	6.2	10.0	2.5	21.8
有	100	100	470	c	5,579	309	2.4	0.7	6.5	7.4	2.1	20.1

^z Tukey-Kramer法による多重比較検定の結果異符号間で5%水準の有意差有り

第23表 現地ほ場におけるレタス栽培終了時の土壌の化学性 (2016年)

ライムギ 有無	窒素減肥 率(%)	カリ減肥 率(%)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	TruogP ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
無	0	0(対照)	6.27	0.19	0.7	1.6	32	55	648	52
有	50	50	6.52	0.08	0.8	1.2	26	59	642	63
有	50	70	6.43	0.10	0.6	1.4	24	52	648	63
有	100	100	6.52	0.07	0.5	1.5	25	59	585	59

試験ほ場の80℃16時間水抽出法による可給態窒素量は5.9mg/100g

7. 品種間差を利用したライムギすき込み時期拡大の検討

供試14品種のうち、ライムギの草丈が30cmとなった時期は「ダッシュ」、「クリーン」が3月27日で最も早く、「改良ライコン」、「ライッコIII」が4月21日で最も遅く、品種により25日の差があった(第24表)。草丈30cmに達する時期は超極早生、極早生に属する品種で早く、遅いのはライコムギ品種であった。なお、出穂期の早晩と草丈30cmに達する時期とは必ずしも一致しなかつた。

また、出穂期でのライムギのC/Nは草丈30cm経過時より7割程度上昇していたことから(第25表)、出穂期でのすき込みは分解が遅れ、作業性も低下することが推察された。

以上のことから、初夏どりレタス栽培では、品種の早晩性を示す出穂期ではなく、草丈が30cmに達する時期を参考にして品種を選択することにより、すき込み適期幅を拡大し、作業分散が可能となると考えられた。

第24表 草丈30cm経過時と出穂期のライムギ生育状況(2016~2017年)

品種名	草丈30cm経過時			出穂期			早晩性 ^z		
	調査日	草丈 cm	新鮮重 kg/10a	乾物重	調査日	草丈 cm		新鮮重 kg/10a	
ダッシュ	3月27日	30	4,116	593	4月24日	102	7,270	1,532	超極早生
クリーン	3月27日	31	4,746	684	4月26日	111	9,064	1,834	極早生
緑春	3月28日	31	4,592	692	5月1日	122	8,004	1,358	極早生
ハルミドリ	3月31日	30	5,578	942	4月27日	130	8,230	1,553	極早生
エルボン	4月3日	30	5,352	903	5月3日	142	9,240	1,950	早~中生
春香	4月12日	33	6,216	967	4月30日	129	8,224	1,498	晩生
キングライ麦	4月13日	35	7,320	1,176	5月1日	130	8,824	1,412	早生
緑肥用(晩生)	4月14日	33	7,054	1,076	5月10日	156	9,260	1,759	晩生
R-007	4月18日	37	7,230	1,153	5月8日	140	9,270	1,701	中晩生
TRY-1	4月18日	36	6,500	938	5月4日	140	10,142	1,771	中晩生
ライダックス ^y	4月19日	33	6,322	983	5月14日	135	8,820	1,521	中晩生
春一番	4月20日	34	6,136	975	5月8日	132	8,738	1,467	極早生
改良ライコーン ^y	4月21日	34	6,000	909	5月12日	106	9,926	1,593	早生
ライコッコⅢ ^y	4月21日	36	5,858	1,001	5月8日	103	9,074	1,946	極早生
14品種平均		33	5,930	928		127	8,863	1,635	

z 早晩性は、2015年時点での種苗会社カタログ表記による
y ライダックス、改良ライコーン、ライコッコⅢはライコムギ

第25表 ライムギの時期別養分含有率と養分吸収量(2016~2017年)

時期	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	C/N比
	含有率(乾物%)			吸収量(kg/10a)			
草丈30cm経過時	2.49	0.87	3.52	22.8	8.1	32.9	16.9
出穂期	1.39	0.60	3.47	23.0	9.8	57.0	29.2

*14品種の平均値

摘 要

ライムギを畑にすき込んでその肥効を後作レタスに利用するためのライムギの播種時期、すき込み時期、レタスへの施肥量について検討した。その結果、次のことが明らかとなった。

- レタスの生育に必要な窒素量10kg/10aを確保できるライムギの栽培は、前年の10月上旬~中旬までに播種し、翌年の4月上旬頃すき込む体系であり、ライムギのすき込み適期の指標は草丈20~30cmである。
- 草丈20~30cmですき込んだライムギの窒素は、すき込み後30日で54%、60日で64~75%、120日で70~82%分解(無機化)した。
- 草丈30cm前後のライムギを30馬力のトラクターを用いてすき込んだ場合、すき込みからマルチ被覆作業まで約20日空け、その間に2回程度耕起すれば、畝の崩れやマルチの破れは発生せず、作業性に影響しないことを確認した。
- ライムギすき込み後の全面マルチ被覆初夏どりレタス

栽培では窒素施肥量を10kg/10aとした場合、基肥窒素を30~50%減肥した5~7kg/10a程度に削減できる。

- 草丈40cmですき込んだライムギのカリウムは、すき込み後28日で46%、63日で92%溶出した。
- ライムギすき込み後の全面マルチ被覆初夏どりレタス栽培では、基肥カリを10kg/10aとした場合、カリ単独の減肥であれば70%程度減肥可能と考えられた。また、基肥窒素を50%減肥し、5kg/10aとした場合でも、基肥カリを50%減肥した5kg/10aにできると考えられた。
- ライムギは、品種の早晩性を示す出穂期ではなく、草丈が30cmに達する時期を参考にして品種を選択することにより、すき込み適期幅を拡大し、作業分散が可能となると考えられた。

謝 辞

本研究は農林水産省委託プロジェクト「生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発」で得られた成果の一部である。関係者各位に御礼申し上げる。

引用文献

山田和義・上原敬義・齋藤龍司 2005. レタス輪作体系における輪作作物の養分吸収特性と養分吸収. 長野県野菜花き試験場報告第 13 号, 55-69
長野県・全農長野 2014. 土づくりと施肥. 野菜栽培指標, 536-538
出澤文武 2017. 長野県における緑肥作物の活用事例. 牧

草と園芸第 65, 7-8
今野一男・菊池晃二 1996. 緑肥窒素の無機化に及ぼす化学成分の影響. 土肥誌 67, 419-412
後藤 忍・江口 洋 1997. 圃場条件における緑肥及び有機質肥料からの塩基類の溶出. 土肥誌 68, 640-644
長野県・全農長野・長野県農林研究財団 2012 年. 土づくりガイドブック第 3 版, 40