

4. **Горский А.С.** Влияние бессменного возделывания многолетних трав на питательный режим торфяной почвы//Качественный рост российского агропромышленного комплекса: возможности, проблемы и перспективы: материалы деловой программы XXVII международной агропромышленной выставки «АГРОРУСЬ – 2018». – СПб.: СПбГАУ, 2018. – С 92 – 94.
5. **Царенко В.П.** Мониторинг азотистых соединений болотных агроэкосистем и применение азотных удобрений// II международный конгресс химических технологий: сб. научн. трудов. – СПб., 2001. – С 70 – 71.

Literatura

1. **Umarov M.M., Kurakov A.V., Stepanov A.L.** Mikrobiologicheskaya transformatsiya azota v pochve. – M., 2007. – 138 s.
2. **Ulanov A.N.** Torfyanyye i vyrabotannyye pochvy yuzhnoy taygi Yevro-severo-vostoka Rossii: monografiya. – Kirov, 2005. – 320 s
3. **Tsarenko V.P.** Azotnyy rezhim osushennykh torfyanykh pochv // Gumus i pochvoobrazovaniye. – 2009. – S.46-58.
4. **Gorskiy A.S.** Vliyaniye bessmennogo vozdeleyvaniya mnogoletnikh trav na pitatel'nyy rezhim torfyanoy pochvy//Kachestvennyy rost rossiyskogo agropromyshlennogo kompleksa: vozmozhnosti, problemy i perspektivy: materialy delovoy programmy XXVII mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki «AGRORUS' – 2018». – SPb.: SPBG AU, 2018. – S 92 – 94.
5. **Tsarenko V.P.** Monitoring azotistyykh soyedineniy bolotnykh agroekosistem i prilozheniy azotnykh udobreniy// II mezhdunarodnyy kongress khimicheskikh tekhnologiy: sb. nauchno. trudov. – SPb., 2001. – S 70 – 71.

УДК 631.874

DOI 10.24411/2078-1318-2018-14098

Доктор с.-х. наук, профессор **Л.П. ЕВСТРАТОВА**
(ФГБНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная
опытная станция», levstratova@yandex.ru)

Канд. биол. наук **Л.В. ТИМЕЙКО**
(ФГБНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция»,
Петрозаводский государственный университет, timeiko.lidi@yandex.ru)

Науч. сотрудник **Е.В. ДУБИНА-ЧЕХОВИЧ**
(ФГБНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная
опытная станция», d-chehovich@yandex.ru)

НЕКОТОРЫЕ ПРИЕМЫ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ

В земледелии Карелии доля органических удобрений составляет около 40% от общего количества вносимых в почву питательных веществ. В хозяйствах республики максимальное количество их – 0,92-1,22 млн. т – вносилось с 1976-го по 1990 гг. При этом на один гектар пашни приходилось 14-16,4 т органики. В последующие годы из-за сокращения поголовья сельскохозяйственных животных и снижения объемов заготовки торфа внесение органических удобрений резко сократилось до уровня 0,2 млн. т. На один гектар пашни распределялось лишь 2,8 т удобрительных средств [1].

Располагая огромными запасами торфа, Республика Карелия имеет широкие возможности его использования, этому способствует разветвленная транспортная инфраструктура, географическое положение, высокие качественные характеристики сырья большей части разведанных месторождений. Полные сведения о торфяниках Карелии изложены в опубликованном в 1979 году справочнике «Торфяные месторождения КАССР» [1].

Известно, что в настоящее время около 37% площади гослесфонда республики занимают месторождения торфа, болота и заболоченные земли (5,4 млн. га). В Карелии развитие сельскохозяйственного производства неразрывно связано с осушаемым земледелием. В 60-70-х гг. прошлого столетия осушительной мелиорации подвергнуты более 230 тыс. га открытых болот [2]. Ценность торфяных почв для сельскохозяйственного использования зависит от их генезиса, состава и свойств. В аграрном отношении перспективными являются почвы низинных болот, характеризующиеся более значимым содержанием азота, высокой зольностью, а также сравнительно благоприятной реакцией кислотности среды.

В условиях ухудшения экологической обстановки и роста цен на минеральные удобрения возрастает интерес к поиску альтернативных источников питания растений. Накопленный в годы интенсивного ведения земледелия ценный опыт использования торфа был в значительной мере утерян за годы аграрного кризиса в стране. Сегодня этот вопрос вновь становится актуальным и масштабы использования торфа как удобрительного средства в РФ постепенно возрастают. Использование ранее осушенных и много лет используемых торфяных почв в сельском хозяйстве может следовать несколькими путями:

- а) получение обогащенных органических удобрений;
- б) рекультивация и превращение их в плодородные культурные угодья [3].

В данных исследованиях два указанных направления были объединены. Получив качественные органические удобрения, задействованные участки подвергали рекультивации. В процессе выполнения поставленных задач разработана экологически адаптированная технология восстановления плодородия, основанная на биологизации земледелия за счёт применения фитомелиорации. Использование сидеральных культур как предшественников оптимизирует рост и развитие растений в севообороте и способствует увеличению общего содержания гумуса в почве. Сочетание торфа с легко минерализуемым веществом зеленых удобрений способствует увеличению интенсивности разложения органического вещества и повышению общей биогенности почвы [2, 4, 6, 10, 11].

В прошлом столетии в нашей стране проведены многочисленные эксперименты по межвидовой и внутривидовой селекции, которые позволили исследователям обозначить в качестве растений-биомелиорантов 15 перспективных видов и экотипов [9]. Часть из них являются интересными для выращивания в природно-климатических условиях Карелии [4,7].

Цель исследований – разработать способ рекультивации ранее осушенных торфяников с одновременным получением экологически безопасного, богатого органическим веществом и минеральными питательными элементами грунта на основе торфа.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования являлись осушенные в 70-е годы торфяные почвы, расположенные на территории ФГБНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция» в Прионежском районе Республики Карелия. Объект «Вилга ДКП-Центральный» общей площадью 193,2 га (кадастровый номер 10:20:0031402:021) введен в эксплуатацию в 1975 году. Опытное поле представляет собой осушенное за счет открытой системы дренажных каналов болото с залежью низинного торфа высокой степени разложения и глубиной залегания до 3,6 м. В настоящее время каналы глубиной 1,1-0,5 м и шириной 2,5 м обеспечивают отвод избыточного количества воды. Посев фитомелиорантов осуществляли на 4-х участках, ширина каждого составила 30 м и длина – 280 м.

Перед закладкой опыта с каждого из 4-х обозначенных участков были отобраны почвенные и растительные пробы, которые в лабораторных условиях оценили по основным агрохимическим показателям и ботаническому составу. Кроме того, изучен запас и жизнеспособность семян сорных растений в слое 10-15 см, а также ботанический и биохимический составы растений-торфообразователей. Отбор почвенных образцов осуществляли по общепринятой методике в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84. Агрохимические и биохимические анализы выполнены по общепринятым методикам для таких образцов (ГОСТ 26207-91).

Отбор растительных образцов проводили методом пробного снопа, который использовали как для учета урожайности зеленой массы растений, так и для химических анализов.

Эффективность использования фитомелиорантов изучали следующими методами: весовой – учет урожая фитомассы, пожнивных и корневых остатков; агрохимический и биохимический – на основе общепринятых методик определения содержания основных элементов в выращенной надземной и подземной растительной массе, а также в почве перед посевом и через 34 дня после заделки фитомелиорантов; биометрический – измерение длины стеблей опытных растений, плотность их стояния на 1 м²; фенологические наблюдения – оценка развития растений.

Учет урожая проводили методом выборочных делянок – в 4-кратной повторности, площадь учетной делянки 20 м².

В течение 4 лет в конце мае производили дискование тяжелой бороной БДТ-3 новых, ранее не задействованных 4 мелиоративных карт. При этом в почву в измельченном виде заделывали имеющуюся растительность деградированных сенокосов, на которых преобладали мелкая древесная поросль, непродуктивное, вредное и ядовитое разнотравье и незначительное количество злаковых растений, в основном представленных щучкой дернистой, полевицей тонкой. После заделки растительной массы бульдозером Т-130Б верхний рыхлый 15-ти см слой торфа собирали, вывозили за пределы участка, складировали в бурты для компостирования с добавлением известняковой муки. Готовые компосты использовали через 4-6 месяцев. На исходном участке вносили известняковую муку в дозах, зависящих от показателей кислотности, почву дисковали тяжелыми дисками и выполняли посев семян фитомелиорантов: вико-овсяная смесь, горчица белая, рожь яровая. Нормы посева традиционные. В конце июля-середине августа (в зависимости от метеорологических условий сезона) проводили дискование участков с заделкой всей накопившейся вегетативной массы фитомелиорантов. В июне следующего года производили посев многолетних трав с целью получения долголетних сенокосов и пастбищ.

Выбор сельскохозяйственных культур из различных биологических семейств обусловлен необходимостью подобрать эффективный для условий Карелии фитомелиорант при выращивании его в звене разрабатываемой технологии.

Вико-овсяная смесь как сидерат быстро формирует зеленую массу, препятствует вымыванию поверхностного слоя. Кроме того, растения смеси не требовательны к плодородию почвы, устойчивы к засухе, затенению, холоду (выживают при заморозках до -5...-7°C), являются отличным предшественником для многих сельскохозяйственных культур.

Горчица белая отличается малой требовательностью к теплу в начале своего развития, что является положительным моментом при выращивании на торфяниках, которые медленно прогреваются весной. Семена ее начинают прорастать при температуре 2-4°C. Всходы выдерживают заморозки до -3°C. В фазу формирования листьев растения устойчивы к кратковременным заморозкам до -5°C, а в дальнейшем – к длительному похолоданию. Холодостойкость культуры и довольно быстрое наращивание зеленой массы являются важными характеристиками для выращивания в условиях Карелии.

Результаты обработаны математически и статистически [5].

Результаты исследования. Из литературы известно, что даже у одинаковых видов торфа в зависимости от географического местоположения варьируют отдельные показатели [2, 4, 6]. Критерием распределения торфяников на низинные, переходные и верховые является содержание кальция, который регулирует кислотность и влияет на торфообразовательный процесс [5]. Низинные болота обычно имеют больше кальция и более благоприятную для растений кислотность [8].

Предварительное обследование мелиоративных участков показало, что почвы сложены древесно-травяным и травяным торфами. Во всех пробах остатки различных травянистых растений составляют 80-87%, а также выявлены фрагменты древесных

(13-20%). Исходные характеристики торфяного компонента допустимы для использования в сельском хозяйстве.

Торфо-растительная смесь после 6-месячного выдерживания в бурте превращается в однородную темную массу сыпучей консистенции и следующими показателями содержания питательных элементов, %: азот аммонийный ($N-NH_4$) находится на уровне 0,9, азот нитратный ($N-NH_3$) – 0,02, органическое вещество – 74,8, фосфор (P_2O_5) подвижный – 0,5, калий (K_2O) обменный – 0,4, pH – 7,4. В агросистемах такое удобрение вызывает улучшение физических и агрохимических свойств, позволяет снизить дозы внесения минеральных удобрений, положительно воздействует на плодородие почвы и продуктивность выращиваемых культур. Очень важна его фитосанитарная функция – верхний слой имел сильную степень засоренности жизнеспособными семенами (50,1-100 млн., шт./га). В ходе приготовления торфо-растительного грунта семена сорных растений потеряли жизнеспособность на 99,3%. При этом за счет удаления верхнего слоя торфа значительно снизилась засоренность рекультивируемого участка. Особенно важным является такой эффект на полях, подверженных бесконтрольному засорению *Heracleum sosnowskyi* Manden.

В целом по агрохимическим, агрофизическим и санитарно-гигиеническим показателям торфо-растительный грунт можно отнести к ценным органическим удобрениям.

Отрицательные изменения торфяной почвы, засорение семенами сорных растений, накопление вредителей после длительной эксплуатации и деградации агрофитоценоза можно устранить при использовании фитомелиорантов, которые улучшают состояние пахотного слоя за счет поступления в почву органического вещества.

Используемые однолетние растения различаются по своему вкладу в плодородие почвы, а выявленный фитомелиоративный эффект коррелирует с продуктивностью вида, соотношением подземной и надземной частей биомассы, строением и характером распределения корневой системы и т.д.

В условиях Карелии за 4 года исследований, независимо от метеоусловий, вико-овсяная смесь накапливала большую надземную массу и формировала более мощную корневую систему относительно показателей горчицы белой (табл. 1).

Таблица 1. Биометрические характеристики фитомелиорантов
(средний показатель за годы исследований)

Вариант (вид фитомелиоранта)	Длина стебля, см	Число стеблей шт./м ²	Урожай надземной сухой массы, т/га	Масса высушенной корневой системы, т/га
Овес+вика	25,6±1,1	883±67,2	0,9±0,02	0,4±0,01
Горчица белая	25,5±1,7	655±80,3	0,3±0,01	0,1±0,001

Нами показано, что вико-овсяная смесь, в сравнении с другими изученными фитомелиорантами, накапливает большую надземную массу и формирует более мощную корневую систему (табл. 2). Растения однолетней злаково-бобовой травосмеси являются холодостойкими. Учитывая, что на торфяниках позже заканчиваются заморозки весной и раньше начинаются осенью, холодостойкие растения являются перспективными в виде фитомелиоранта на холодных почвах.

Таблица 2. Масса внесенных фитомелиорантов, т/га
(средний показатель за годы исследований)

Вариант (фитомелиорант)	Сухая масса надземной части и корней фитомелиоранта
Овес + вика	1,3±0,04
Рожь	0,7±0,01
Горчица белая	0,4±0,01

Кроме того, химический анализ биомассы показал, что в условиях Карелии наибольшее количество азота, фосфора и калия аккумулировала вегетативная масса вико-овсяной смеси (N : P : K соответственно 65,1 : 11,9 : 18,4 кг/га) (табл. 3).

Таблица 3. Обогащение торфяной почвы питательными веществами в зависимости от вида фитомелиоранта

Вариант (фитомелиорант)	Элементы питания (кг/га), внесенные с ...								
	надземной частью растений			корневыми остатками			общее		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Вико-овсяная смесь	48,6	9,3	12,9	16,5	2,6	5,5	65,1	11,9	18,9
Рожь	30,8	4,7	11,4	9,7	2,4	5,6	40,5	7,1	17,0
Горчица белая	29,2	2,7	6,8	7,1	0,7	3,04	36,3	3,4	9,8

Кроме того, фитомелиорант из бобовой и злаковой культуры препятствует вымыванию гумуса, структурирует пахотный слой. Минимальное количество элементов питания поступило с надземной массой и корневыми остатками горчицы белой (N : P : K соответственно 39,3 : 3,4 : 9,8 кг/га).

Следует отметить, что независимо от вида фитомелиоранта зеленая часть растений в большей степени обогащает торфяник всеми питательными веществами сравнительно с корневыми остатками. В то же время во всех агрохимических анализах растительной массы изученных культур прослеживается более высокое обеспечение почвы азотом, при минимальном поступлении фосфора.

После внесения фитомелиорантов изменился не только уровень обеспеченности торфа доступными для растений питательными веществами, но и показатель кислотности (табл. 4). Все изученные фитомелиоранты снижают почвенную кислотность. Максимальный нейтрализующий эффект выявлен в варианте с вико-овсяной смесью, в то время как горчица белая наименее значимо воздействует на этот показатель.

Таблица 4. Влияние фитомелиорантов на агрохимические показатели рекультивируемых торфяников

Вариант	рН _{сол.}	Агрохимические показатели, мг/100 г почвы				
		Нг (ммоль /100 г почвы)	зольность, %	общий азот	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (до посева фитомелиоранта)	4,9	7,2	39,6	1,9	9,3	10,1
Овес + вика	5,9	5,6	21,0	2,8	16,6	16,4
Контроль (до посева фитомелиоранта)	4,7	7,1	39,8	1,8	9,1	9,5
Рожь	5,5	6,1	28,4	2,5	14,6	15,7
Контроль (до посева фитомелиоранта)	4,8	7,5	39,7	1,7	8,3	9,4
Горчица белая	5,3	6,4	29,3	2,6	11,4	14,8

Результаты исследований свидетельствуют, что под действием посевов фитомелиорантов возрастает плодородие осушенных торфяников. Так для исходных почв присущи низкие показатели содержания азота, фосфора и калия, гидролитической кислотности, а также высокий уровень рН. В целом фитомелиоранты (вика-овсяная смесь, рожь озимая, горчица белая) снижают рН до показателей слабокислой и близкой к нейтральной реакции среды, в среднем на 50% повышают содержание калия, значительно возрастает содержание фосфора и общего азота.

Исходно фосфора в торфах крайне малое количество [7, 8]. Калий является одним из основных элементов питания растений, но общее его содержание низкое, большая часть его количества — в верхних слоях (до 15-20 см). Поэтому обогащение почвы основными элементами питания является важным для последующих выращиваемых культур.

За годы исследований по большинству изученных показателей наиболее заметное положительное действие фитомелиорантов выявлено в варианте с посевом вико-овсяной смеси. Рожь и горчица белая как фитомелиоранты вызывают менее заметные изменения в агрохимических показателях. Безусловно, на величину обсуждаемых данных сказалась масса накопленной надземной части растений и корней, их различия по количеству питательных элементов в единице урожая, что, следовательно, привело к разновеликому вкладу в прирост плодородия почвы (горизонт 15-20 см). Так, рожь в большей степени обогащает почву калием и азотом, а после внесения фитомассы горчицы белой больше всего возрастает содержание калия. Наибольшее количество питательных веществ, в том числе и азота, вносится с вико-овсяной смесью. Фитомелиоративный эффект зависит от периода вегетации, урожайности вегетативной массы растений, соотношения ее подземной и надземной частей, строения корневой системы и характера ее профильного распределения и т.д. Полученные данные позволяют рекомендовать использовать указанные культуры для повышения плодородия агрогенных торфяных почв в Карелии.

Выводы. Повышение плодородия почв Карелии возможно за счет использования местных ресурсов в виде торфо-растительных грунтов, заготавливаемых на длительно эксплуатируемых в кормопроизводстве ранее осушенных низинных торфяниках.

Разработанная в ходе исследований технология рекультивации деградированных сенокосов и пастбищ на давно осушенных и длительно активно эксплуатируемых торфяниках позволяет получить 1500-2000 т органического удобрения высокого качества с 1 га площади при 15 см глубине снимаемого слоя торфа с измельченной растительной массой. Этого количества достаточно для удобрения 40-50 га пашни.

В условиях республики посев вико-овсяной смеси, ржи и горчицы белой, как фитомелиорантов, на давно осушенных низинных торфяниках с деградирующей сенокосной растительностью приводит к понижению обменной и гидролитической кислотностей, обогащает почву общим азотом, доступными для растений фосфором, калием.

Особенности биологических видов, их продуктивность, соотношение подземных и надземных частей непосредственно влияют на плодородие почвы. Использование в качестве фитомелиоранта вико-овсяной смеси максимально улучшает агрохимические показатели торфа в сравнении с исходными.

Литература

1. Котова З.П., Дубина-Чехович Е.В., Котов С.Е. Ботанический состав растений торфообразователей и агрохимические показатели осушенного низинного торфа // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 9-10.
2. Емельянова И.М., Преображенский К.И. Окультуривание мелиорируемых земель в Нечерноземной зоне. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 237 с.
3. **Инновационные технологии в мелиорации:** материалы международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2011. – 568 с.
4. Костенков Н.М., Киселева И.В., Емельянов А.Н. Влияние фитомелиорации на показатели плодородия агрогенных почв Приморья Vliyanie fitomelioratsii na pokazateli plodorodiya agrogennykh pochv Primor'ya // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21671> (дата обращения: 09.12.2017).
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
6. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М., Киселева И.В., Емельянов А.Н. Влияние фитомелиорации на показатели плодородия агрогенных почв // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21671> (дата обращения: 25.12.2017).

7. **Соколов Г.А., Красноберская О.Г., Симакина И.В., Гаврильчик Н.С.** Научные основы использования в сельском хозяйстве торфа, сапропеля и продуктов их переработки // Природопользование. – Вып. 22. – Минск, 2012. – С. 67-82.
8. **Тишкович А.В.** Свойства торфа и эффективность его использования на удобрение / под ред. С. Г. Скоропанова. – Минск: Наука и техника, 1978. – 151 с.
9. **Rayns Fr. and Rosenfeld A.** Green manures. A review conducted by HDRA as part of HDC Project FV 299: An investigation into the adoption of green manures in both organic and conventional rotations to aid nitrogen management and maintain soil structure. Old Buckenham Attleborough, Norfolk, 2008. 37 p.
10. **Gyapong B., Ayisi C.L.** The Effect of Organic Manures on Soil Fertility and Microbial Biomass Carbon, Nitrogen and Phosphorus under Maize-cowpea Intercropping System // Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences. Vol. 3 (4). April, 2015. P. 65-77.
11. **Pieters Adrian John.** Green manuring, principles and practice. New York, J. Wiley & sons, inc.; London, Chapman & Hall, limited, 1927. P. 365.

Literatura

1. **Kotova Z.P., Dubina-CHekhovich E.V., Kotov S.E.** Botanicheskij sostav rastenij torfoobrazovatelej i agrohimicheskie pokazateli osushennogo nizinnogo torfa // Zemledelie. – 2014. – № 6. – С. 9-10.
2. **Emel'yanova I.M., Preobrazhenskij K.I.** Okul'turivanie melioriruemyh zemel' v Nechernozemnoj zone. – М.: Rossel'hozizdat, 1979. – 237 s.
3. **Innovacionnye tekhnologii v melioracii:** materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Kostyakovskie chteniya). – М.: Izd. VNIIA, 2011. – 568 s.
4. **Kostenkov N.M., Kiseleva I.V., Emel'yanov A.N.** Vliyanie fitomelioratsii na pokazateli plodorodiya agrogennyh pochv Primor'ya Vliyanie fitomelioratsii na pokazateli plodorodiya agrogennykh pochv Primor'ya // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21671> (data obrashcheniya: 09.12.2017).
5. **Dospekhov B.A.** Metodika polevogo opyta. – М.: Kolos, 1979. – 416 s.
6. **Purtova L.N., Kostenkov N.M., Kiseleva I.V., Emel'yanov A.N.** Vliyanie fitomelioratsii na pokazateli plodorodiya agrogennyh pochv // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 5. – URL: <https://science-education.ru / ru/article/view?id=21671> (data obrashcheniya: 25.12.2017).
7. **Sokolov G.A., Krasnoberskaya O.G., Simakina I.V., Gavril'chik N.S.** Nauchnye osnovy ispol'zovaniya v sel'skom hozyajstve torfa, sapropelya i produktov ih pererabotki // Prirodopol'zovanie. – Vyp. 22. – Minsk, 2012. – S. 67-82.
8. **Tishkovich A.V.** Svoystva torfa i ehffektivnost' ego ispol'zovaniya na udobrenie / pod red. S. G. Skoropanova. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1978. – 151 s.
9. **Rayns Fr. and Rosenfeld A.** Green manures. A review conducted by HDRA as part of HDC Project FV 299: An investigation into the adoption of green manures in both organic and conventional rotations to aid nitrogen management and maintain soil structure. Old Buckenham Attleborough, Norfolk, 2008. 37 p.
10. **Gyapong B., Ayisi C.L.** The Effect of Organic Manures on Soil Fertility and Microbial Biomass Carbon, Nitrogen and Phosphorus under Maize-cowpea Intercropping System // Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences. Vol. 3 (4). April, 2015. R. 65-77.
11. **Pieters Adrian John.** Green manuring, principles and practice. New York, J. Wiley & sons, inc.; London, Chapman & Hall, limited, 1927. R. 365.