

ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ (*Galega orientalis* Lam.) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е.А. Moiseeva, L.F. Shepeleva

PRODUCTION PROCESSES OF INTRODUCTION OF EASTERN GALEGA (*Galega orientalis* Lam.) IN THE CONDITIONS OF MIDDLE TAIGA OF WESTERN SIBERIA

Моисеева Е.А. – ст. лаб., ассист. каф. ботаники и экологии растений Сургутского государственного университета, г. Сургут. E-mail: lapinaea_vizit@mail.ru

Шепелева Л.Ф. – д-р биол. наук, проф., зав. каф. ботаники и экологии растений Сургутского государственного университета, г. Сургут. E-mail: lapinaea_vizit@mail.ru

Moiseeva E.A. – Senior Lab. Assist., Chair of Botany and Plant Ecology, Surgut State University, Surgut. E-mail: lapinaea_vizit@mail.ru

Shepeleva L.F. – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Botany and Plant Ecology, Surgut State University, Surgut. E-mail: lapinaea_vizit@mail.ru

Суровые условия Ханты-Мансийского округа – Югры требуют введения многолетних бобовых трав в качестве основного компонента биологического земледелия. Одной из культур, обладающих высокой акклиматизационной способностью и хозяйственной значимостью в последние десятилетия, является галега восточная, или козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.). Объектом исследования послужила галега восточная, сорт Гале. Исследования по интродукции культуры проводились на песчаных подзолистых почвах Сургутского района ХМАО – Югры в 2013–2014 гг. на территории опытного участка Сургутского административного района, относящегося к прохладному, значительно увлажненному району возделывания весьма ранних культур. Установлено, что агротехнические приемы оказали неодинаковое воздействие на рост и развитие галеги восточной. Наибольшую продуктивность надземной и подземной фитомассы галеги в условиях севера Западной Сибири обеспечила инокуляция семян перед посевом микробиологическим удобрением Байкал-ЭМ1. По морфометрическим характеристикам отмечено превышение показателей в среднем на 43–66 %. Дополнительный бобовый компонент создал неблагоприятные условия и оказал угнетающее воздействие на ростовые процессы культуры: наблюдалось уменьшение густоты травостоя и высоты побегов на 43–46 %, снижение урожайности на 65, подземной биомассы – на 33 %. Установлено, что рост побегов галеги вос-

точной тесно коррелирует с образованием листьев ($r = 0,99$; $r^2=0,984$). Накопление надземной фитомассы галеги за вегетационный период коррелировало с высотой растений и густотой стояния ($r = 0,95-0,94$; $r^2=0,901-0,898$). Отмечена очень сильная корреляционная зависимость накопления надземной фитомассы от образования и развития листовой поверхности растений галеги ($r = 0,97-0,99$; $r^2=0,938-0,978$) и фотосинтетического потенциала ($r=0,989$). Корреляционный анализ подтвердил, что существует тесная взаимосвязь между накоплением биомассы корневой системы и продуктивностью надземной фитомассы ($r=0,99$; $r^2=0,979$), так как стебель и листья при недостаточном плодородии почвы являются важными источниками поступления продуктов фотосинтеза в корень.

Ключевые слова: козлятник восточный, интродукция, инокуляция, Байкал-ЭМ1, песчаные подзолистые почвы, средняя тайга Западной Сибири.

Severe conditions of the Khanty-Mansiysk Autonomous Circle – Yugra require the introduction of perennial legumes as the main component of biological agriculture. One of the crops with high acclimatization ability and economic importance in the last decade is the eastern galega, or milk vetch east (*Galega orientalis* L.). The object of the study served as eastern galega, Gala variety. For culture introductions the studies on the sandy podzolic soils of Surgut district Khanty-Mansiysk – Ugra were carried out in 2013–2014 on the territory of the pilot area of Sur-

gut administrative region relating to cool significantly moistened area of cultivation of very early cultures. It was found out that agricultural practices had different impacts on the growth and development of eastern galega. The highest productivity of aboveground and belowground biomass of galega in the conditions of the north of Western Siberia provided the inoculation of seeds before sowing microbiological fertilizer Baikal-EM1. By morphometric characteristics the excess of rates by an average of 43–66 % was observed. Additional bean component created a hostile environment and had a depressing effect on the growth processes of culture, there was a decrease in the density and height of the grass shoots in 43–46 % decrease in the yield of 65 %, below-ground biomass was 33 %. It was established that growth of shoots of eastern galega closely correlates with the formation of leaves: ($r = 0.99$, $r^2 = 0.984$). The accumulation of aboveground biomass of galega during the growing season – a plant height and stand density ($r = 0.95–0.94$; $r^2 = 0.901–0.898$). The accumulation of aboveground biomass of formation and development of leaf area galega plants ($r = 0.97–0.99$; $r^2 = 0.938–0.978$) and photosynthetic potential ($r = 0.989$). Correlation analysis confirmed that there was a close relationship between the accumulation of root biomass and productivity of the aboveground phytomass ($r = 0.99$; $r^2 = 0.979$), as stem and leaves in low soil fertility were important sources of revenue products of photosynthesis in the roots.

Keywords: Eastern galega, introduction, inoculation, Baikal-EM1, sandy podzolic soil, middle tundra of Western Siberia.

Введение. В настоящее время многолетние бобовые травы имеют большое экологическое значение и являются основным компонентом биологического земледелия. Благодаря развитию мощной корневой системы, накоплению большой массы растительных остатков и высокой степени их гумификации, они стоят на первом месте среди всех других культур по почвозащитному и почвоулучшающему значению.

Факторами, определяющими эффективность интродукции, являются почвенно-климатические условия и способы возделывания. Поэтому суровые условия Ханты-Мансийского округа – Югры (недостаток тепла, резкие суточные перепады температур, короткий вегетационный период, промывной режим и низкое плодородие почв) требуют введения в культуру многолетних бобовых трав, обладающих широкой экологиче-

ской пластичностью и способных обеспечивать высокое продуктивное долголетие.

Одной из перспективных культур для решения данной проблемы в последние десятилетия является новая нетрадиционная бобовая культура галега восточная, или козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.). Она превосходит традиционные бобовые травы по высокой акклиматизационной способности и хозяйственной значимости.

Для интродукции этой культуры в регион необходимы поиски наиболее приемлемых для данной территории приемов возделывания.

Цель исследований. Детальное изучение хода продукционных процессов и расширение знаний о биологии и экологии галеги восточной при интродукции в условиях средней тайги Западной Сибири.

Объекты и методы. Объектом исследования послужила галега восточная, сорт Гале. Полевые исследования проводили в течение 2013–2014 гг. Семена высевали вручную на территории опытного участка, расположенного в пределах Сургутского административного района, относящегося к прохладному, значительно увлажненному району возделывания весьма ранних культур [1]. Исследуемый участок окультуренный, характеризовался песчаной подзолистой почвой: содержание массовой доли органического вещества 5,63 %; рН сол. – 5,21; сумма поглощенных оснований – 4,7 ммоль /100 г почвы; N-NH₄ – 3,85 мг/ кг почвы; N-NO₃ – 129 мг/кг почвы, P₂O₅ – 396,1 мг/ кг почвы, K₂O – 66,5 мг/кг почвы. Норма высева 2,8 млн всхожих семян на гектар. Предпосевную инокуляцию семян микробиологическим удобрением Байкал-ЭМ1 проводили согласно рекомендации по применению препарата.

Способ закладки опытов – деляночный. Площадь учетной делянки составляла 0,25 м², с рендомизированным размещением вариантов. Способ включал следующие варианты: 1) посев неинокулированных семян (контроль); 2) посев инокулированных семян; 3) посев неинокулированных семян галеги под покров гороха.

При выполнении исследований руководствовались общепринятыми методиками [2–4]. Гидротермический коэффициент (далее ГТК) рассчитывали как отношение количества месячных осадков к температуре воздуха. При статистической обработке данных использовали пакет прикладных программ Statistica 6.0. Растительные образцы отбирали в конце вегетации.

Результаты и их обсуждение. В годы наблюдения погодные условия были в целом типичными для данной территории, но распределение тепла и осадков по месяцам было неравномерным. Вегетационный период 2013 года отмечен как засушливый. ГТК этого периода

ниже среднемноголетней величины на 0,3 (ГТК=1,7). Теплый период 2014 года характеризовался меньшим накоплением тепла и избыточным накоплением влаги. Гидротермический коэффициент выше среднемноголетних данных (ГТК=1,7) на 0,6 (табл. 1).

Таблица 1

Гидротермические условия вегетационных сезонов 2013–2014 гг. (по данным ГМС г. Сургута)

Год	Месяц				Сумма за вегетацию
	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
Средняя температура воздуха, °С					
2013	12,7	21,0	15,7	7,5	1751,2
2014	13,4	15,3	15	5,9	1545,9
Среднее многолетнее (норма)	14,4	18,2	14,4	7,4	1672
Осадки, мм					
2013	43	69	75	66	253
2014	66	150	70	70	356
Среднее многолетнее (норма)	57	76	69	85	287
Гидротермический коэффициент (ГТК)					
2013	1,1	1,1	1,5	2,8	1,4
2014	1,6	3,1	1,5	3,8	2,3
Среднее многолетнее (норма)	1,3	1,3	1,5	3,7	1,7

Известно, что среди важнейших показателей оценки возможности введения растений в культуру определенного региона рассматривается сочетание таких параметров, как продуктивность надземной и подземной фитомассы.

Наблюдения за ростом и развитием галеги восточной в первом и втором году жизни позволили установить, что ход продукционных процессов при выращивании растений в условиях средней тайги Западной Сибири определяется в большей степени приемами возделывания (табл. 2).

Показателем развития многолетних трав является побегообразование. В варианте опыта с применением инокуляции в год посева наблюдалось снижение всхожести побегов растений на 30 % по сравнению с контрольными образцами (табл. 2). Интенсивное побегообразование отмечено лишь на второй год жизни культуры, когда количество побегов увеличилось на 65 %. По нашим представлениям, это было связано с низкими температурами в год посева для развития микрофлоры (см. табл. 1), содержащейся в составе микробиологического удобрения Бай-

кал-ЭМ1. По утверждению Т.М. Стружкиной и Н.Н. Иващенко [5], инокуляция семян в условиях Севера не стимулирует в полной мере ростовые процессы многолетних трав при недостатке тепла, что нашло отражение и в наших исследованиях.

Анализ динамики густоты стеблестоя галеги восточной выявил, что покровная культура (горох) оказала негативное влияние на количество образовавшихся побегов во второй год интродукции козлятника. Так, в год посева густота травостоя снизилась на 24 %, во второй год – на 43 % в сравнении с контролем. Следовательно, определенные конкурентные взаимоотношения между компонентами складывались с первого года жизни травостоя, последствие проявилось на 2-й год, что подтверждается рядом авторов [6].

Морфометрический анализ показал, что микробиологическое удобрение Байкал-ЭМ1, используемое для инокуляции семян перед посевом, положительно повлияло на ростовые процессы растений козлятника восточного. Во все годы наблюдений отмечалось увеличение вы-

соты побегов на 30–66 % в сравнении с контролем. Подсев гороха оказал отрицательное последствие на рост культуры во второй год

жизни. Высота травостоя в среднем была ниже на 46 %.

Таблица 2

Морфометрические показатели роста галеги восточной в зависимости от возраста травостоя и приемов возделывания

Вариант опыта	Высота побега, см	Длина корня, см	Длина корня, %	Густота стеблелестоя, шт/м ²	Количество листочков на одном растении, шт.
1-й год жизни					
Контроль	13,52±1,46	19,07±0,87	59	215	20,87±3,18
Инокуляция семян Байкалом-ЭМ1	17,51±1,89*	20,79±1,26*	54	151	25,00±3,53*
Посев семян под покров гороха	13,31±1,26	19,31±1,21	59	163	12,12±1,32*
2-й год жизни					
Контроль	40,55 ±2,52	26,5±2,87	40	216	45,6±2,96
Инокуляция семян Байкалом-ЭМ1	75,83±2,53*	30±2,45*	28*	356	90,5±2,77*
Посев семян под покров гороха	22,00±3,23*	18,9±3,61*	46	124	23,4±1,43*

* $P \leq 0,05$ (значимость различий α (альфа) < или равно 0,05 между вариантами). Коэффициент надежности $P = 0,95$.

Инокуляция семян также способствовала увеличению количества листочков на растениях. В первый год жизни образовалось на 4,13 листочков больше, на 45 шт. – в последующем году в сравнении с контрольными растениями (табл. 2). В варианте с бинарным посевом наблюдалось угнетение листообразования на растениях галеги во все годы вегетации (12,12–23,4 шт/раст.). Установлено, что рост побегов галеги восточной тесно коррелирует с образованием листьев ($r = 0,99$; $r^2 = 0,984$).

По всем годам исследований накопление надземной фитомассы козлятника восточного зависело от возраста травостоя и исследуемых приемов возделывания. Урожайность сухой массы контрольных растений в изучаемые периоды составила 1,2–7,7 кг/м² (табл. 3). Максимальные значения данных урожайности, как по годам исследований, так и по вариантам опыта, отмечены при применении микробиологического удобрения Байкал-ЭМ1 (табл. 3). Подсев покровной культуры – гороха оказал отрицательное влияние на второй год и привел к снижению

урожайности на 65 % в сравнении с контролем. Следует отметить, что с посевов второго года жизни галеги восточной по всем вариантам опыта был получен всего один укос. Подобные результаты были получены А.А. Ингири и соавторами [7] при возделывании культуры в условиях Кольского полуострова.

В течение 2 лет накопление надземной фитомассы галеги за вегетационный период коррелировало с высотой и густотой стояния растений ($r = 0,95$ – $0,94$; $r^2 = 0,901$ – $0,898$) при тесной взаимосвязи между последними ($r = 0,88$; $r^2 = 0,775$).

Также отмечена очень сильная корреляционная зависимость накопления надземной фитомассы от образования и развития листовой поверхности растений галеги ($r = 0,97$ – $0,99$; $r^2 = 0,938$ – $0,978$) при очень высокой силе связи между этими показателями ($r = 0,98$; $r^2 = 0,965$). Расчеты коэффициента детерминации показали, что продуктивность растений в значительной мере обусловлена размерами площади листьев.

**Фотосинтетическая деятельность и накопление биомассы галеги восточной
в зависимости от возраста травостоя и приемов возделывания**

Вариант опыта	Площадь листьев, см ² / м ²	ФП, тыс. см ² дн/м ²	Надземная фитомасса, кг/м ²	Подземная фитомасса, кг/м ²	Масса корней, %
Контроль	8148,5	488910	1,4	0,2	11
Инокуляция семян Байкалом-ЭМ1	8525,8	515811	1,2	0,2	14
Посев семян под покров гороха	4855,6	284053	0,7	0,2	22
2-й год жизни					
Контроль	84137,6	6688939	2,0	0,3	11
Инокуляция семян Байкалом-ЭМ1	330711,3	26787615	7,7	0,6	6
Посев семян под покров гороха	20067,5	1354556	0,7	0,2	21

Анализ фотосинтетического потенциала галеги восточной 1-го и 2-го годов жизни (табл. 3) показал, что он также зависел от возраста растений и приема возделывания. Подсев гороха оказал отрицательное влияние на фотосинтетическую деятельность листьев. Наблюдалось снижение ФП по сравнению с контролем практически в 2 раза в год посева и в пять раз на второй год жизни. ФП растений в варианте с инокуляцией семян Байкалом-ЭМ1 в год посева существенно не отличался от контроля. Однако к концу вегетации 2014 г. фотосинтетический потенциал превышал ФП контрольных растений примерно в 4 раза (табл. 3).

В ходе исследований установлена высокая корреляционная зависимость между фотосинтетическим потенциалом и накоплением надземной фитомассы ($r = 0,989$), что подтверждается коэффициентом детерминации ($r^2 = 0,978$).

Растения являются основным источником поступления органического вещества в почву. От накопления биомассы подземных и надземных частей растений зависит плодородие почвы.

Так, в первый год жизни галеги восточной накопление подземной фитомассы происходило равномерно, и существенных различий по вариантам опыта не наблюдалось ($\hat{\alpha} > 0,05$). Размеры корневой системы галеги в среднем достиг-

ли 19–21 см, при этом доля корня от общей длины растений козлятника составила 54–59 %. Данный факт свидетельствует об интенсивном формировании корневой системы в год посева, что характерно для данной культуры. К концу второго года вегетации длина корней в пахотном слое отмечалась на уровне 18–30 см, при этом отношение длины корня к общей длине растения не превышало 46 %. Наибольшее накопление корневой фитомассы отмечалось в варианте с инокуляцией семян Байкалом-ЭМ1 (табл. 3). Масса корневой системы при инокуляции не превышала 6 % от общей массы растений козлятника восточного, тогда как в контроле масса составляла 11 %.

Следует отметить, что в варианте с бинарным посевом нарастание корней и корневых отпрысков осталось на прежнем уровне и соответствовало показателям в год посева. При этом доля массы корней в общей массе растений составила 22 % – в первый год жизни, 21 % – во второй, при контрольных значениях 11 % во все годы исследований. Аналогичные результаты были получены В.А. Петруком [8], установившим, что при неблагоприятных условиях рост надземной массы растений сдерживается, корней – усиливается, при этом урожайность культуры, количество корневых остатков увели-

чиваются, но доля их в общей биомассе уменьшается.

Выяснено, что наибольшее поступление органического вещества галеги восточной в почву отмечено при инокуляции семян микроудобрением Байкал-ЭМ1 на 2-й год жизни (8,3 кг/м²), тогда как в варианте «галега+бобовый компонент» – 0,9 кг/м². Корреляционный анализ подтвердил, что существует тесная взаимосвязь между накоплением биомассы корневой системы и продуктивностью надземной фитомассы ($r=0,99$; $r^2=0,979$), так как стебель и листья при недостаточном плодородии почвы являются особенно важными источниками питательных веществ для роста корневой системы.

Заключение. Таким образом, исследуемые агротехнические приемы оказали неодинаковое воздействие на рост и развитие галеги восточной. Установлено, что дополнительный бобовый компонент оказал угнетающее воздействие на ростовые процессы культуры. Наибольшую продуктивность надземной и подземной фитомассы галеги в условиях севера Западной Сибири обеспечила инокуляция семян перед посевом микробиологическим удобрением Байкал-ЭМ1.

Литература

1. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа. Т. 2. Природа. Экология, Ханты-Мансийск. – М., 2004. – 152 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 335 с.
3. Ничипорович А.А., Кузьмин З.Е., Полозова Л.Я. [и др.]. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. – М., 1969. – 93 с.
4. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. – М.: Колос, 1964. – 280 с.
5. Стружкина Т.М., Иващенко Н.Н. Эффективность использования препаратов азотфиксирующих микроорганизмов у козлятника восточного // Кормопроизводство. – 2012. – № 12. – С. 16–17.

6. Бекузарова С.А., Гасиев В.И., Соколова Л.Б. [и др.]. Бинарные смеси козлятника восточного // Изв. Горск. гос. аграр. ун-та. – 2013. – № 50. – С. 21–26.
7. Ингири А.А., Ласкин П.В., Хаитбаев А.Х. Эффективность применения бактериальных удобрений на северном пределе земледелия // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2011. – Т. 2. – № 30-1. – С. 25–28.
8. Петрук В.А. Формирование высокопродуктивных агроценозов многолетних трав в Средней и Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 2008. – 37 с.

Literatura

1. Atlas Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga. T. 2. Priroda. Jekologija, Hanty-Mansijsk. – M., 2004. – 152 s.
2. Dospëhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Kolos, 1973. – 335 s.
3. Nichiporovich A.A., Kuz'min Z.E., Polozova L.Ja. [i dr.]. Metodicheskie ukazanija po uchetu i kontrolju vazhnejshih pokazatelej processov fotosinteticheskoj dejatel'nosti rastenij v posevah. – M., 1969. – 93 s.
4. Stankov N.Z. Kornevaja sistema polevyh kul'tur. – M.: Kolos, 1964. – 280 s.
5. Struzhkina T.M., Ivashhenko N.N. Jeffektivnost' ispol'zovanija preparato-azotfiksirujushhijh mikroorganizmov u kozljatnika vostochnogo // Kormoproizvodstvo. – 2012. – № 12. – S. 16–17.
6. Bekuzarova S.A., Gasiev V.I., Sokolova L.B. [i dr.]. Binarnye smesi kozljatnika vostochnogo // Izv. Gorsk. gos. agrar. un-ta. – 2013. – № 50. – S. 21–26.
7. Ingiri A.A., Laskin P.V., Haitbaev A.H. Jeffektivnost' primenenija bakterial'nyh udobrenij na severnom predele zemledelija // Izv. Orenburg. gos. agrar. un-ta. – 2011. – T. 2. – № 30-1. – S. 25–28.
8. Petruk V.A. Formirovanie vysokoproduktivnyh agrocenozov mnogoletnih trav v Srednej i Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. – M., 2008. – 37 s.

