

Рис. 4. Сбор протеина с 1 га при 1-м укосе по данным протоколов "Еврофинс Агро Тестинг Вагенинген Би Ви", 2016 г.

ния злаковых трав, а именно: внесения азотных удобрений и вегетационной стадии растения. Содержание сырого протеина, который доступен как чистый белок, всегда низкое в момент после внесения удобрений, но возрастает, как только трава начинает отрастать и конвертирует небелковый протеин в чистый протеин (рис.3). В сенаже злаковых трав содержание сырого протеина зависит от процесса ферментации: чем лучше результат процесса ферментации, тем больше доля чистого протеина в общем сыром протеине.

Правильная практика консервации сохранит больше протеина в корме. Чем лучше баланс энергии и протеина в грубых кормах, тем лучше происходит утилизация протеина животным.

В опыте разница по выходу сырого протеина на га составила 487 кг/га в варианте "Оптимизированная система удобрений" против 313 кг/га в

контрольном варианте. Таким образом, за счет минеральных удобрений было получено 174 кг протеина с гектара (рис. 4). На 100 га прибавка урожая составила 17,4 т протеина, что эквивалентно 51 т подсолнечникового шрота с содержанием сырого протеина 34%. При цене подсолнечникового шрота 17 000 руб./кг (цена 2017 г.) выгода составит 867 000 рублей.

Выводы

1. Внесение удобрений в оптимальных дозах увеличивает урожайность протеина с гектара
2. Увеличение сбора протеина с гектара потенциально снижает расходы на закупку белковых кормов
3. Протеин злаковых трав более эффективно усваивается КРС и увеличивает молочную продуктивность животных, положительно влияет на работу рубца.
4. Увеличение урожайности протеина на гектар дает дополнительную прибыль при производстве молока

Литература

Иванова С.Е, Налиухин А.Н., Веденеева Н.В., Власова О.А., Силуянова О.В. 2018. Применение 4R-Стратегии для интенсификации лугового кормопроизводства в Вологодской области. Питание Растений. Вестник Международного института питания растений, 1: 2-5. <http://eeca-ru.ipni.net/article/EECARU-2422>

Байман Н.В. – глава филиала "Еврофинс Агро Тестинг Вагенинген Би Ви". e-mail: nadezda.bijman@eurofins-agro.com.

Критическое содержание фосфора в кормовых злаковых травах умеренного пояса

Ж. Беланже и Н. Зиади

Усовершенствованные методы прогнозирования потребности полевых культур, включая кормовые травы, в фосфорных удобрениях необходимы для минимизации риска загрязнения поверхностных и грунтовых вод в результате избыточного применения удобрений и в тоже время для достаточного внесения фосфора с целью оптимизации урожайности.

Так как содержание подвижного фосфора в почве – это не всегда надежный показатель для установления потребности в фосфорных удобрениях, фосфорный статус растений может служить альтернативным или дополнительным индикатором доступности почвенного фосфора.

Методы растительной диагностики, используемые для количественной характеристики питательного статуса растений, в том числе фосфорного, основываются на определении критического содержания конкретного элемента питания в растениях – минимальной концентрации, требуемой для достижения максимального роста растений и урожайности. Содержание фосфора в растениях, как и содержание азота, снижается в

процессе их роста; содержание фосфора в растениях также уменьшается при снижении содержания азота вследствие недостатка последнего (рис. 1). Эта тесная зависимость между содержанием фосфора и азота в растениях была подтверждена для нескольких полевых культур, включая кукурузу (Ziadi и др., 2007), пшеницу (Bélanger и др., 2015a), рапс (Bélanger и др., 2015b) и кормовые травы (Bélanger и Ziadi, 2008), что привело к разработке моделей кри-

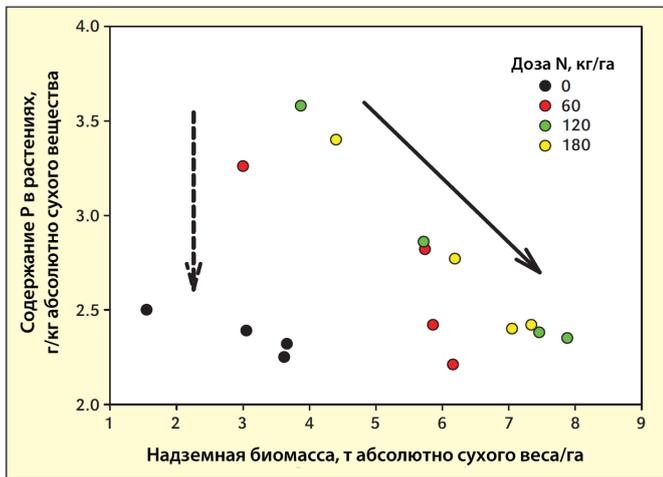


Рис. 1. Пример, иллюстрирующий снижение содержания фосфора в тимфеевке луговой в период весеннего отрастания (сплошная линия) и снижение содержания фосфора в связи с недостатком азота (пунктирная линия). Составлено на основе данных Беланже и Зиади (Bélanger и Ziadi, 2008).

тического содержания фосфора ($P_{кр}$), представленного в виде функции от содержания азота в надземной биомассе.

Модели критического содержания фосфора в кормовых травах, использующие функцию от содержания азота, были впервые разработаны во Франции для многолетних трав и долголетних пастбищ (Duru и Ducrocq, 1997) и позднее – для тимфеевки луговой – основного вида кормовых трав в восточной Канаде и скандинавских странах (Bélanger и Ziadi, 2008). Модель критического содержания фосфора для тимфеевки луговой ($P_{кр}$, г/кг абсолютно сухого вещества) в виде функции от содержания азота (N, г/кг абсолютно сухого вещества) была разработана, как предполагалось, для условий достаточной обеспеченности почвы фосфором для роста растений (Bélanger и Ziadi, 2008):

$$P_{кр} = 1.07 + 0.063N$$

Мультилокационное исследование

Первое исследование мы проводили на травостоях тимфеевки луговой в восточной Канаде – один опыт при достаточной обеспеченности почвы фосфором. Наша модель, однако, не оценивалась при разном фосфорном статусе растений, в разных почвенно-климатических условиях и для разных типов травостоев. Это побудило нас провести мультилокационное исследование для подтверждения применимости модели критического содержания фосфора как для травостоев тимфеевки луговой, так и для многовидовых травостоев (Bélanger и др., 2017). Изучение разных доз фосфорных удобрений проводилось в течение 2-5-ти лет подряд на травостоях тимфеевки луговой в Канаде (г. Леви и г. Норманден в провинции Квебек, г. Шарлоттаун в провинции Остров Принца Эдуарда) и Финляндии (муниципалитет Маанинка), а также на многовидовых травостоях в длительных опытах с фосфорны-

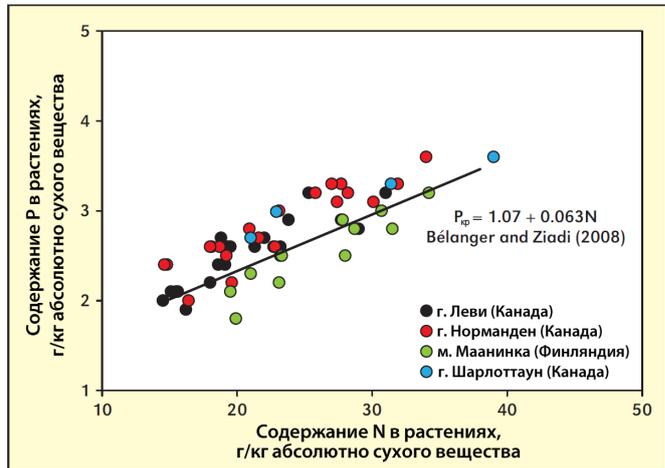


Рис. 2. Содержание фосфора в тимфеевке луговой в период весеннего отрастания как функция от содержания азота при нелимитированном фосфорном питании в 4-х опытах и модель критического содержания фосфора ($P_{кр}$, линия) Беланже и Зиади (Bélanger и Ziadi, 2008). Адаптировано из: Bélanger и др., 2017.

ми удобрениями в Швейцарии (муниципалитет Ле Верьер) и Франции (коммуна Эрсе). Урожайность абсолютно сухого вещества и содержание общего азота и фосфора в кормовых травах определялись четырежды с недельными интервалами в период весеннего отрастания, а именно: вегетативная фаза – конец колошения. Затем мы выделили массив данных по содержанию фосфора и азота в травах, когда с увеличением доз фосфорных удобрений не наблюдалось дальнейшего прироста надземной биомассы; этот массив данных соответствовал условиям нелимитированного фосфорного питания.

В четырех опытах с тимфеевкой луговой данные по содержанию фосфора и азота в траве при нелимитированном фосфорном питании были близки к величинам критического содержания фосфора, предсказанным нашей моделью, которая изначально разрабатывалась для данной культуры (Bélanger и Ziadi, 2008; **рис. 2**). Однако в двух опытах с многовидовыми травостоями данные по содержанию фосфора и азота в травах при нелимитированном фосфорном питании были ближе к величинам критического содержания фосфора, предсказанным моделью Дуру и Дукрока (Duru и Ducrocq, 1997), чем к величинам, предсказанным нашей моделью (Bélanger и Ziadi, 2008; **рис. 3**). Наши результаты подтверждают оптимальную зависимость между содержанием фосфора и азота в тимфеевке луговой и многовидовых травостоях, но с различиями между ними относительно данной зависимости.

Ограничения и минусы

Наши исследования, проведенные с кормовыми травами и другими культурами, показали, что модель критического содержания фосфора может быть плохо применима при серьезном дефиците или избытке азота (Bélanger и Ziadi, 2008; Bélanger и др., 2015a). Однако производители, применяющие адекватные дозы азотных удобрений для оптимиза-

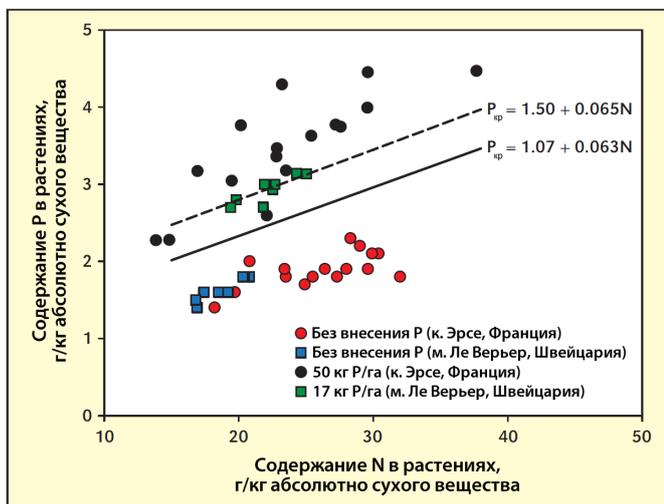


Рис. 3. Содержание фосфора в разнотравье в период весеннего отрастания как функция от содержания азота при лимитированном (без внесения фосфора) и нелимитированном (внесение максимальной дозы фосфора) фосфорном питании в 2-х длительных опытах. Приведены модели критического содержания фосфора ($P_{кр}$) Дуру и Дукрока ($P_{кр} = 1.50 + 0.065N$; Duru и Ducrocq, 1997), а также Беланже и Зиади ($P_{кр} = 1.07 + 0.063$; Bélanger и Ziadi, 2008). Адаптировано из: Bélanger и др., 2017.

ции урожайности без создания серьезного дефицита или избытка азота, могут уверенно использовать нашу модель. Разработка достоверных моделей $P_{кр}$ требует больших массивов данных с поэтапным отбором растительных образцов в течение ростовых циклов и внесением нескольких доз фосфора. В некоторых случаях (например, в к. Эрсе, Франция) может наблюдаться избыточное поглощение фосфора, и существует риск завышенной оценки $P_{кр}$, если высокие дозы фосфорных удобрений не приводят к увеличению урожайности трав, но повышают содержание в них фосфора. Наша модель $P_{кр}$ для тимфеевки луговой была разработана для условий весеннего отрастания растений и еще не прошла валидацию для периода летнего отрастания.

Критическое содержание фосфора в растениях – важный инструмент для оценки фосфорного статуса кормовых трав в течение вегетационного периода и, косвенно, доступности почвенного фосфора. Для каждого конкретного условия может быть рассчитан индекс Р-питания (P nutrition index, PNI) как отношение содержания фосфора в растениях к величине $P_{кр}$. Значения индекса Р-питания ≥ 1.0 свидетельствуют о достаточном фосфорном питании растений, а значения < 1.0 указывают на недостаток фосфора. Данный метод растительной диагностики фосфорного питания может использоваться для прогнозного диагностирования с целью применения фосфорных удобрений в соответствии с потребностями растений в фосфоре в течение вегетационного периода или для послуборочного диагностирования с целью выявления лимитирующих факторов для культур в полевых опытах или

производственных посевах. Так как недостаток фосфора трудно устраняется за счет проводимого в том же году внесения фосфорных удобрений, производители могут использовать этот инструмент для уточнения доз фосфорных удобрений в последующие вегетационные периоды.

Данный подход к характеристике доступности почвенного фосфора, основанный на растительной диагностике, может быть альтернативой или дополнением к наиболее широко используемым для прогнозирования потребности в фосфорных удобрениях почвенным индикаторам. Для адаптации данного подхода в соответствии с практикой применения удобрений в производственных условиях мы исследуем в настоящее время: (i) пространственную изменчивость индекса Р-питания для ряда полей в восточной Канаде с целью определения оптимального количества точек пробоотбора и (ii) зависимость между растительными (индекс Р-питания) и почвенными (содержание фосфора в почве) индикаторами доступности фосфора и отзывчивостью кормовых трав на фосфорное удобрение.

Д-р Ж. Беланже и д-р Н. Зиади – научные сотрудники Квебекского научно-исследовательского центра Министерства сельского хозяйства и продовольствия Канады (г. Квебек, Канада, e-mail: gilles.belanger@agr.gc.ca и noura.ziadi@agr.gc.ca).

Литература

- Bélanger, G., and N. Ziadi. 2008. *Agron. J.* 100:1757-1762.
 Bélanger, G. et al. 2015a. *Agron. J.* 107:963-970.
 Bélanger, G. et al. 2015b. *Agron. J.* 107:1458-1464.
 Bélanger, G. et al. 2017. *Field Crops Res.* 204:31-41.
 Duru, M., and H. Ducrocq. 1997. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 47:59-69.
 Ziadi, N. et al. 2007. *Agron. J.* 99:833-841.

Редактирование перевода с английского: В.В. Носов.



Опытные делянки по изучению применения фосфорных удобрений на тимфеевке луговой: г. Леви, провинция Квебек (Канада), 2011 г.