

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 631.582:632.931.1

**ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ
В АДАПТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ****Сутягин В.П., Тюлин В.А.***ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь,
e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru*

Формирование продуктивности сельскохозяйственных культур зависит от комплекса природных факторов, интегрирующим показателем которого является тип агромикрорландшафта. Важнейшей характеристикой ландшафта является степень проявления в его пределах определенного типа геохимического процесса – элювиального, транзитного или аккумулятивного. За счет геохимической сопряженности элементов рельефа по направлению от вершины холма к его подножью снижается транзит кальция и других элементов питания и повышается степень их аккумуляции. Это способствует повышению плодородия почв вниз по склону и, соответственно, снижению эффективности внесения минеральных и известковых удобрений в 2–5 раз. Максимальная энергетическая эффективность и окупаемость удобрений на верхнем плато холма, где господствуют элювиальные процессы. Влияние ландшафтных условий на урожайность, стратегии внесения удобрений в последнее время активно изучается. Предлагается использование органоминеральной системы земледелия; дифференциация доз азотных удобрений в течение вегетации; повышение доли биологического азота в формировании урожайности; использование биологически активных веществ.

Ключевые слова: агромикрорландшафты, травосмеси, органические удобрения, биологизированная система удобрений, дифференциация доз удобрений, биологический азот

LAND MANAGEMENT AND MINERAL FOOD IN ADAPTIVE FARMING**Sutyagin V.P., Tyulin V.A.***Tver State Agricultural Academy, Tver, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru*

The formation of the productivity of agricultural crops depends on a complex of natural factors, the integrating indicator of which is the type of agromicrolandscape. The processes of the movement of matter and energy within agrolandscapes depend on the conditions of the agro-microlandscapes composing them, the parameters of which determine the productivity of crops and crop rotations. The most important characteristic of the landscape is the degree of manifestation within it of a certain type of geochemical process – eluvial, transitory or accumulative. Due to the geochemical contiguity of relief elements in the direction from the top of the hill to its foot, the transit of calcium and other elements of nutrition decreases and the degree of their accumulation increases. This contributes to an increase in the fertility of soils down the slope and, accordingly, a decrease in the efficiency of the application of mineral and calcareous fertilizers by a factor of 2-5. Maximum energy efficiency and payback of fertilizers are observed on flat tops of hills, where eluvial processes dominate. The influence of landscape conditions on yields, fertilization strategies, has been actively studied lately. It is proposed to use the organomineral system of fertilizers, combining the application of increased doses of mineral fertilizers, manure and straw; differentiation of doses of nitrogen fertilizers during the growing season; increase of the share of biological nitrogen in the formation of yields; use of biological products, created on the basis of symbiotic and associative microorganisms.

Keywords: agroecosystem, agromicrolandscapes, adaptive crop rotations, organic fertilizers, mineral fertilizers, fertility, biological nitrogen

Урожайность сельскохозяйственных культур складывается под воздействием многих факторов окружающей среды и зависит от того, насколько полно удовлетворяются растения каждым из факторов в соответствии с потребностями в них. Факторами формирования урожайности в адаптивном земледелии являются: размещение культур на соответствующих им агроэкологических видах земель; возделывание поликультуры и сортосмеси; применение элементов питания в доступной форме в заданном соотношении, в определенном месте и в определенные сроки. Сельскохозяйственное производство в целях адаптации к конкретным природным условиям должно быть привязанным к экологически однород-

ным территориям – «элементарным агроареалам».

В исследованиях на агроэкологическом полигоне «Губино» Тверской области проанализированы свойства компонентов природной среды части Центрального экономического района, входящей в лесную зону. На территории Тверской области выделены четыре доминантных типа агроландшафтов Тверской области, включающие равнины: московские моренно-эрозионные, московские моренные, моренно-озерные ледниковые моренные московского возраста. При создании ландшафтной системы земледелия (ЛСЗ) нужно принимать во внимание неравномерность геоморфолого-литологического устройства территории агроэкологическо-

го раздела, а также различия в соотношении угодий, структуре посевных площадей, преваляровании того или иного агроприема и т.д. [1].

В исследованиях на трансектах агроэкологического полигона картофель большую продуктивность обеспечил в микроландшафтах южного склона. Продуктивность злаково-бобовых многолетних трав была наибольшей на вершине холма. Органическое питание в сравнении с органическим на зерносмеси было более эффективным на элювиально-аккумулятивном и южном транзитном микроландшафтах (прибавки урожая соответственно 42 и 30%), на северном транзитном – 14%. Наибольшее влияние оно оказало на ячмень как на растение с более слабой усвояющей способностью корневой системы и требующее легкодоступных питательных веществ [2]. Более высокие энергетические показатели наблюдаются в зернотравяном севообороте. Возделывание многолетних травосмесей более эффективно, чем других культур севооборота. Коэффициент энергетической эффективности трав первого и третьего года пользования несколько ниже, чем второго года. Однако различия не столь существенны и примерно одинаковы вопреки существующему мнению о повышении эффективности возделывания трав старше одного года за счет снижения энергетических затрат. В севообороте прослеживается тенденция увеличения эффективности возделывания культур от подножия к плоской вершине [3]. Важнейшей характеристикой ландшафта является степень проявления в его пределах определенного типа геохимического процесса – элювиального, транзитного или аккумулятивного. За счет геохимической сопряженности элементов рельефа по направлению от вершины холма к его подножью снижается транзит кальция и других элементов питания и повышается степень их аккумуляции. Это способствует повышению плодородия почв вниз по склону и соответствует снижению эффективности внесения удобрений в 2–5 раз. Максимальная энергетическая эффективность и окупаемость удобрений на верхнем плато холма, где господствуют элювиальные процессы.

Влияние ландшафтных условий на урожайность и стратегии внесения удобрений в последнее время активно изучается. Продуктивность зернотравяного севооборота в длительном (более 20 лет) опыте Сибирского НИИСХ на выщелоченном черноземе повышалась на биологизированной системе удобрений с использованием соломы, навоза в сочетании с минеральными удобрениями.

При комплексном применении минерального удобрения с навозом и соломой продуктивность севооборота достигла – 2,99 т/га зерн. ед. При этом включение в севооборот люцерны до 50% площади сопровождалось в варианте без удобрений стабилизацией содержания гумуса. Внесение минеральных удобрений и навоза обеспечивает увеличение содержания нитратного азота на 20–47% [4]. В адаптивно-ландшафтных системах земледелия Владимирского Ополья эффективен плодосменный севооборот, в котором при использовании органико-минеральной системы удобрения продуктивность составляет 3,35 т/га зерн. ед., средняя урожайность зерновых – 3,52 т/га [5].

В исследованиях Приморской ГСХА урожайность травосмесей из многолетних трав на лугово-бурой оподзоленной почве зависела от дозы минеральных удобрений, состава травосмеси, укоса и климатических условий. В условиях длительного переувлажнения во второй период вегетации азотные удобрения дали прибавку урожайности в сравнении с контрольным вариантом только в первом укосе на овсянице-клеверо-ячменцевой смеси. В этих условиях при двух укосах и N60P120K90 продуктивность составила 38,5 т/га. При сильной засухе в середине вегетации азотные удобрения эффективны в двухкомпонентных травосмесях при трехукосном использовании – до 4,3 т/га [6]. В Брянском ГАУ оценили эффективность применения азотных удобрений естественных лугов на аллювиальной почве центральной поймы. Урожайность естественных кормовых угодий зависела от дозы азотных удобрений и укоса. На фосфорно-калийном фоне продуктивность первого укоса составляет 12,3 т/га зеленой массы. Азотное удобрение N45 повышало урожайность в 1,7 раза в сравнении с контролем. Увеличение дозы азотных удобрений до N60 не вызывает достоверного роста продуктивности в сравнении с N45. Урожайность второго укоса многолетних трав по вариантам с удобрениями примерно в два раза ниже, чем в первом укосе. Удобрение первого укоса N45 по фосфорно-калийному фону позволяет получать 184 кг зеленой массы на 1 кг азотных удобрений. Увеличение дозы до N60 не окупается прибавкой урожайности зеленой массы. Во втором укосе тенденция окупаемости минерального азота в зависимости от доз сохраняется. В опыте определяли радионуклиды в почве и растительных образцах. Выявили превышение норматива содержания цезия – 137 в зеленой массе, в сене превышения не обнаружили. Применение азотных удобрений повышает содержание

радионуклидов как в сене, так и в зеленой массе. Получение кормов, соответствующих нормативу по содержанию цезия-137, возможно только без применения азотных удобрений [7]. В полевых опытах Полесья Беларуси на торфяных почвах изучалось влияние минеральных удобрений, в частности азотных N45 и N60, на продуктивность старовозрастного пастбищного травостоя. При этом разница в урожайности по вариантам опыта была статистически не достоверна. При распределении азота по циклам стравливания учитывалось, что в начале вегетационного периода растения лучше обеспечены влагой. Исходя из этого, наряду с равномерным распределением азота по циклам стравливания, использовалась дифференциация доз азотных удобрений в направлении их увеличения к концу вегетации растений. При этом преследовалась цель добиться равномерности производства зеленой массы по циклам стравливания. Прежде всего, обращает внимание высокий уровень плодородия исследуемых почв. Без удобрений в среднем за восемь лет получено по 48 ц/га сухого вещества. За исключением острозасушливого 2002 г. продуктивность пастбища не опускалась ниже 40 ц сухого вещества, а в 2006–2007 гг. она оказалась максимальной. При систематическом внесении РК получено дополнительно 1,64 т/га сухого вещества. Окупаемость килограмма действующего вещества фосфорно-калийных удобрений прибавкой урожая составила 9,1 кг сухого вещества. При внесении N120P60K120 оплата минеральных удобрений приростом урожая возрас- тала на 29%, в том числе от азота достигла 15,5 кг. Удвоение дозы азотных удобрений обеспечило аналогичный прирост. Перераспределение азота при уровне N120 дало дополнительно 1,6 ц/га, что в пределах точности эксперимента, при N180 – 0,91 т/га [8]. Как показали исследования, на пастбище учхоза «Сахарово» Тверской ГСХА увеличение кратности использования при внесении азота уменьшающимися к осени дозами сопровождалось снижением урожайности и улучшением биохимического состава зеленой массы. В корме, полученном с многоукосных лугов, снижалось содержание сырой клетчатки, возрастало содержание сырого протеина и зольных веществ [9]. Урожайность злаковых травосмесей в опыте Кубанского ГАУ определялась уровнем минерального питания, погодными условиями и ботаническим составом злаковых травосмесей. Выявлено, что путем подбора компонентов смесей и дифференцированного удобрения формировались травостои с урожаем, примерно 10,0 т/га сухой мас-

сы [10]. На стационарных опытах Тверской ГСХА в среднем за 5 лет окупаемость килограмма удобрения (N80P30K40) прибавкой урожая ежово-тимофеечной смеси составила 25,4 кг сухого вещества, а ежово-овсянице-тимофеечной 17,4 кг. Повышение дозы минерального удобрения сопровождалось снижением оплаты удобрения урожаем на 30,0–52,8% [11].

Проблема содержания нитратов в корме рассматривается во всех регионах России. Исследования в республике Татарстан показали, что содержание нитратов в зеленой массе зависит от внесения азотного удобрения и от погодных условий вегетационного периода. При теплой влажной весне наблюдаем интенсивное весеннее отрастание. В этих условиях содержание нитратов в зеленой массе минимальное, примерно 340 мг/кг. В годы, когда в мае и июне обеспеченность влагой повышенная, а среднесуточная температура ниже среднегодовых показателей в зеленой массе накапливаются нитраты. На фоне минерального питания N60P30K45 – 621 мг нитратов на 1 кг зеленой массы, а ПДК равно 500 мг/кг [12]. Накопления нитратов выше ПДК можно избежать за счет дифференцированного удобрения на улучшенных пойменных лугах [13]. Ученые республики Беларусь считают, что по степени влияния различных факторов на содержание нитратов в кормах их можно расположить в такой последовательности: доза и форма азота, погодные условия, фаза развития и вид трав [14].

Включение растений семейства бобовые в состав смесей позволяет улучшить минеральное питание растений. В Верхневолжье наибольшее количество органических остатков и азота, как общего, так и симбиотического, накапливает люцерна изменчивая – более 200 кг/га [15]. В условиях осушенной дерново-глеевой супесчаной почвы Центрального района Нечерноземной зоны РФ предполагалось обеспечить максимальное использование биологической фиксации азота бобовыми, с одной стороны, и компенсировать возможный недостаток азота для злакового компонента травосмеси, с другой. При этом продуктивность клеверо-тимофеечной смеси при внесении P60K120 достигала 8,0–9,0 т/га сухой массы в год. При повышенном содержании клевера красного в травостое азотные удобрения неэффективны независимо от доз внесения с весны или под второй укос. За счет плодородия почвы и биологической фиксации азота получено, примерно, 8,15 т/га сухой массы [16]. Опыты на дерново-подзолистой супесчаной глубокоогуленной почве с повышенным плодородием

показали, что средневозрастной пастбищный травостой на основе клевера ползучего и райграса пастбищного обеспечивает продуктивность, примерно, 7,8 тонны сухой массы с гектара. Удобрение травостоя K_{120} , созданного на основе райграса пастбищного сорта ВИК – 66 и клевера ползучего сорта ВИК – 70 способствует формированию урожайности до 8,8 т с 1 га. Эта смесь при пастбищном использовании устойчива к сохранению сеяных видов, у нее внедрившегося разнотравья всего 5,7% [17].

Использование биопрепаратов, микророментов на многолетних бобовых, злаковых и бобово-злаковых травостоях способствует увеличению урожайности. Эффективность минеральных удобрений в Среднем Предуралье достигается при размещении зерновых культур в одном поле севообороте не более двух лет, предпосевной обработке семян или опрыскивании растений в фазу кущения микроудобрениями [18]. Наибольшие прибавки от инокуляции получены в исследованиях республики Марий Эл при выращивании клевера красного и смеси клевера и тимофеевки – 0,54–0,69 и 0,5–0,63 т/га сухой массы. Последствие биопрепарата, использованного на покровной культуре, увеличивало урожайность сухой массы клевера красного, примерно на 0,5 т/га, тимофеевки луговой на 0,33 т/га, смеси многолетних трав на 0,45 т/га. При этом действие фосфорно-калийного удобрения, применявшегося на посевах ячменя в дозах по 60 кг д.в., в следующем году на сборе сухой массы многолетних трав существенно не проявилось. Пониженные дозы азотных удобрений на фоне $P_{60}K_{60}$ повышали урожайности клевера красного на 0,53 т/га, а смеси многолетних трав – на 0,45 т/га [19]. Полевые исследования по использованию биопрепаратов в севооборотах с многолетними травами показали, что инокуляция семян биопрепаратами (ячменя – азоризином, клевера – ризоторфином, тимофеевки – мизорином, смеси клевера и тимофеевки – ризоторфином + мизорином, яровой пшеницы – флавобактерином) повышала в 1,9 раза долю биологического азота в формировании урожайности, снижала дефицит азота, увеличивала количество пожнивно-корневых остатков, в результате минерализации которых в пахотном слое почвы накапливался гумус в количестве от 1,0 до 2,7 т/га [20]. Наибольшее количество побегов бобовых трав зафиксировано при сочетании фосфорно-калийных удобрений с Ризобифитом и Полимиксобактерином – 673 шт/м² в первом укосе и 654 шт. в третьем [21].

Выводы

Влияние ландшафтных условий на урожайность и стратегию внесения удобрений в последнее время активно изучается. Эффективность внесения удобрений зависит от геоморфолого-литологического устройства территории. Максимальная энергетическая эффективность и окупаемость удобрений наблюдается на верхнем плато холма, где господствуют элювиальные процессы. Предлагается использование биологизированной системы удобрений с использованием соломы, навоза в сочетании с минеральными удобрениями; дифференциация доз азотных удобрений в течение вегетации; повышение доли биологического азота в формировании урожайности; использование биопрепаратов.

Список литературы

1. Ковалев Н.Г. Анализ компонентов природной среды при разработке моделей ландшафтно-адаптивных систем земледелия / Н.Г. Ковалев, В.А. Тюлин, Д.А. Иванов, В.Е. Озолин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2000. – № 4. – С. 50–54.
2. Тюлин В.А. Продуктивность сельскохозяйственных культур в различных микроландшафтах / В.А. Тюлин, Д.А. Иванов, Л.И. Петрова, Р.А. Салихов // Земледелие. – 2000. – № 2. – С. 18–19.
3. Иванов Д.А. Пространственные изменения продуктивности и энергетической эффективности севооборотов / Д.А. Иванов, О.В. Карасева, В.А. Тюлин, В.П. Сутягин // Земледелие. – 2004. – № 5. – С. 10–11.
4. Воронкова Н.А. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайности сельскохозяйственных культур / Н.А. Воронкова, Н.Ф. Балабанова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 30–32.
5. Винокуров И.Ю. Эффективность севооборотов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Владимирского Ополья / И.Ю. Винокуров, О.С. Чернов, А.А. Корчагин // Владимирский земледелец. – 2017. – № 3(81). – С. 6–9.
6. Минвалиев С.В. Урожайность травосмесей из многолетних трав в зависимости от дозы минеральных удобрений на лугово-бурой оподзоленной почве в условиях Приморского края / С.В. Минвалиев, О.В. Павлова, В.Х. Рыженко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2(30). – С. 14–18.
7. Чесалин С.Ф. Действие азотных удобрений на урожайности многолетних трав пойменных угодий / С.Ф. Чесалин, Е.В. Смольский, Н.Н. Бокатуро, А.Г. Агешин // Агроконсультант. – 2015. – № 4. – С. 10–15.
8. Мишук Е.М. Динамика продуктивности и ботанического состава долголетних пастбищных травостоев на торфяных почвах / Е.М. Мишук, А.С. Мееровский, С.Н. Брель // Мелиорация. – 2008. – № 2(60). – С. 163–170.
9. Мерзлая Г.Е. Влияние числа укосов и распределение сезонной нормы азота на продуктивность злакового травостоя в условиях Калининской области / Г.Е. Мерзлая, В.А. Тюлин, С.М. Нечушкин, В.В. Тельбиз // Известия ТСХА. – 1982. – Вып. 5. – С. 35–39.
10. Геркокаев Д.А. Продуктивность многолетних злаковых трав при распределении азотных удобрений в течение вегетации // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 127(03). – С. 246–259.
11. Тюльдюков В.А. Формирование продуктивности многолетних трав в зависимости от травосмесей, доз и соотношения минеральных удобрений / В.А. Тюльдюков, В.А. Тюлин // Агрехимия. – 1998. – № 6. – С. 60–67.

12. Хизматуллин М.М. Влияние минеральных удобрений и погодно-климатических условий Татарстана на накопление нитратов в зеленой массе многолетних трав / М.М. Хизматуллин, С.В. Сочнева, Г.С. Миннуллин, Ф.Н. Сафиолин // Вестник Казанского ГАУ. – 2011. – № 1(19). – С. 163–165.
13. Хизматуллин М.М. Изучение накопления нитратов в зеленой массе многолетних трав // Агрехимический вестник. – 2010. – № 3. – С. 28–29.
14. Тиво П.Ф. Проблема нитратов в растениеводстве / П.Ф. Тиво, Л.А. Саскевич // Мелиорация. – 2016. – № 3(77). – С. 41–48.
15. Шеуджен А.Х. Особенности аккумуляции азота многолетними бобовыми травами в чистых и смешанных посевах в Верхневолжье / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, П.Н. Хачмамук, Х.Д. Хуру // Плодородие. – 2016 – № 6. – С. 16–18.
16. Афанасьев Р.А. Влияние азотных удобрений на продуктивность бобово-злакового травостоя на осушенной дерново-глеевой супесчаной почве / Р.А. Афанасьев, В.А. Тюлин // Бюллетень ВИУА. – 1991. – № 105. – С.44–51.
17. Кобзин А.Г. Урожайность пастбищных травосмесей с райграсом пастбищным / А.Г. Кобзин, В.А. Тюлин, Т.М. Тихомирова, Д.А. Вагунин // Кормопроизводство. – 2011. – № 11. – С. 12–13.
18. Фатыхов И.Ш. Основные условия обеспечения эффективности минеральных удобрений в среднем Предуралье / И.Ш. Фатыхов, Е.В. Корепанова, В.Ф. Петрушин, В.Н. Огнев // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 10–13.
19. Алметов Н.С. Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на урожайность и качество многолетних трав / Н.С. Алметов, Н.В. Горячкин, Х.С. Насмиев, Л.С. Чернова, А.А. Завалин // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 08. – С. 21–24.
20. Завалин А.А. Эффективность использования минеральных удобрений и биопрепаратов в зернотравяных севооборотах / А.А. Завалин, Н.С. Альметов, Л.С. Чернова // Агрехимия. – 2014. – № 9. – С. 35–47.
21. Рудаевская Н.Н. Влияние удобрений и биопрепаратов на плотность бобово-злаковых травостоев // Вестник ГАУ Северного Зауралья. – 2015. – № 4(31). – С. 71–74.